OSMANIA UNIVERSITY
جامعۂ عثمانیہ

سلسلۂ نصابِ تعلیم جامعۂ عثمانیہ

طبیعیات

حصۂ چہارم

آواز

ترجمہ ٹکسٹ بک آف فزکس
(برائے طلباء انجنیرنگ و سائنس)
مصنفۂ جے۔ ڈنکن وانس۔ جی۔ سٹارلنگ
مع ترمیم و اضافہ
برائے جماعت بی۔ اے

از
مولوی محمد عبد الرحمن صاحب بی۔ ایس۔ سی (آنرز) لندن
اسوشیئیٹ آف دی رائل کالج آف سائنس لندن، فیلو آف دی فزیکل سوسائٹی آف لندن
پروفیسر فزکس (طبیعیات) نظام کالج

سنہ ۱۳۳۹ھ سنہ ۱۳۳۰ف سنہ ۱۹۲۱ء

مطبوعۂ دار الطبع سرکار عالی حیدرآباد دکن

یہہ کتاب مسرز میکملن اینڈ کمپنی کی اجازت سے
اُردو میں ترجمہ کرکے طبع و شایع کی گئی ہے -

تمہید منجانب مترجم

طُلباء سائنس و انجنیرنگ کے لئے جے۔ ڈنکن اور ئس۔ جی سٹارلنگ نے طبیعیات کی جو کتاب لکھی ہے اُس کے حصہ چہارم میں آواز پر طبیعی نقطۂ نظر سے تقریباً ۱۰۰ صفحہ کا مضمون درج ہے۔ معمولی ریاضی دان طالبِ علم بھی جو احصاء تفرقات سے ناآشنا ہو اس کو پڑھ کر سمجھ سکتا ہے۔ تجربوں پر زیادہ زور دیا گیا ہے اور جن آلات کا اس میں تذکرہ ہوا ہے ان میں سے اکثر بآسانی مُہیّا ہو سکتے ہیں۔ مترجم نے اصل کتاب کے سارے مضمون کو اپنی اِس کتاب میں شریک کرلیا ہے۔ چونکہ موجی حرکت خصوصاً پانی کی موجوں وغیرہ کے متعلق اصل کتاب میں مضمون ناکافی پایا گیا اس لئے مترجم نے شرح و بسط کے ساتھ اپنی طرف سے اِن پر بحث لکھی ہے پانی کی موجیں اگرچہ دیکھنے میں آسان معلوم ہوتی ہیں اِن کا سمجھنا مشکل ہے اور چونکہ اکثر طالبِ علم

موجی حرکت کی تحقیق اسی سے شروع کرتے ہیں اِسلئے مناسب سمجھا گیا کہ حتی الامکان اس کو مکمل اور ساتھ ہی کافی آسان پیرایہ میں بیان کیا جائے۔ اِس باب میں مترجم نے پروفیسر فلیمنگ اور ڈاکٹر ولیم واٹسن متوفی کے لکچروں سے بہت مدد لی ہے۔ لیکن ناظرین اکثر جگہ طرز بیان دوسرے مصنفوں سے بالکل جُداگانہ اور کہیں کہیں بالکل نیا پائینگے۔ علاوہ اِن دو مستند ماہران فن کی تحریرات کے پروفیسر ایڈون۔ ایچ بارٹن کی کتاب آواز اور اِڈزرر کی جنرل فزکس وغیرہ سے بھی بعض بعض امور میں مدد لی گئی ہے۔

توقع کی جاتی ہے کہ مترجم کی طرف سے جو مزید مضامین شریک کیئے گئے ہیں اِن سے کتاب ایک حد تک مکمل، اور کسی بھی یونیورسٹی کے بی۔ اے کی جماعتوں کے لئے بہر طور مفید اور کافی ثابت ہوگی۔

فہرست مضامین

آواز

بسم اللہ الرحمٰن الرحیم ط

پہلا باب

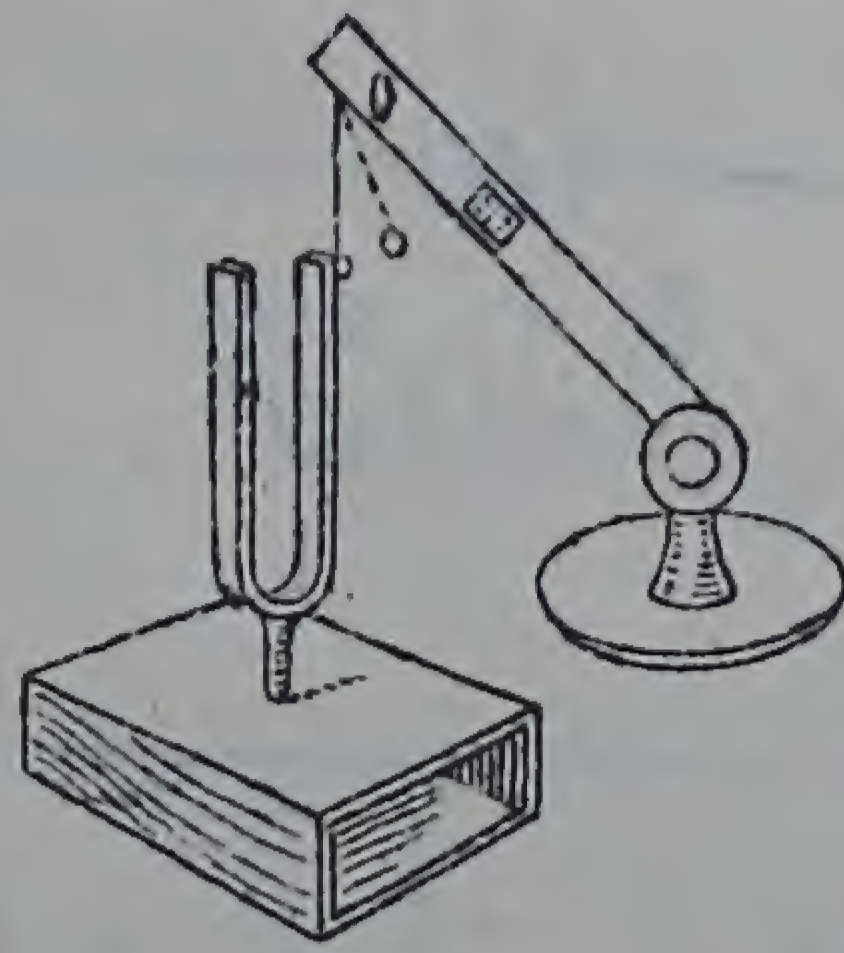
آواز دینے والے اجسام

تعدّد ارتعاش

آواز کا احساس

بصارت اور لمس کی طرح، سماعت کا احساس بھی ایک اولّی احساس ہے۔ آواز کے 'لباس' میں جب کوئی مناسب تحریک کان تک پہنچتی ہے تو سماعت کا احساس ہوتا ہے یعنے وہ آواز سنائی دیتی ہے' ایسی تحریکوں کے مبداء کی جب تلاش کی جاتی ہے تو ہمیشہ کسی نہ کسی جسم کی حرکت پائی جاتی ہے جو اکثر اسقدر تیز یا (وسعت کے لحاظ سے) اسقدر خفیف ہوتی ہے کہ

دکھائی نہیں دے سکتی ۔

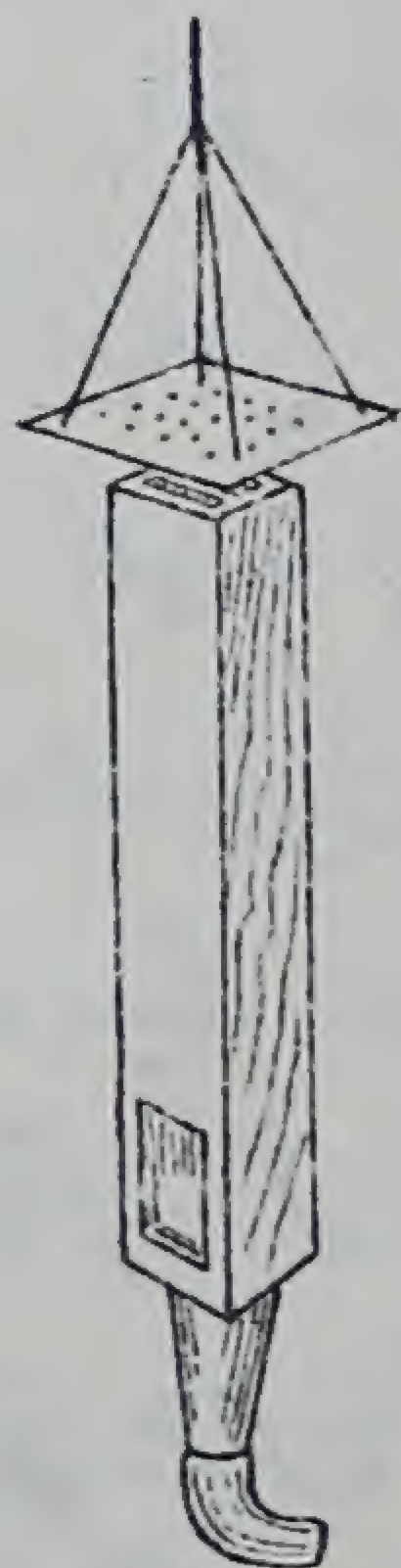
دھماکے کی صورت میں تو حرکت صاف نظر آتی ہے اور آواز بھی بہت بلند ہوتی ہے۔ لیکن معمولی سُر کے دو شاخہ سے جب آواز نکلتی ہے تو دو شاخہ کی بظاہر کوئی حرکت دکھائی نہیں دیتی تاہم آواز سنائی دیتی ہے۔ اِس حرکت کے دیکھنے کے لئے ، ایک ہلکی گودے کی گولی دھاگے سے لٹکا کر (شکل ۱) دو شاخہ کے سرے سے لگائی جائے۔ تماس کے ساتھ ہی گولی کو زور سے دھکا

شکل ۱

سُر کے دو شاخہ کی حرکت جبکہ اُس سے آواز نکلتی ہے

لگے گا اور وہ فوراً دو شاخہ سے دُور نکل جائیگی ۔

یا ارگن نلی کی طرح آواز کا مبداء ہوا کا ایک اسطوانہ ہوتا ہے۔ اِس صورت میں ، کاغذ کے ایک ٹکڑے پر تھوڑی سی

باریک خشک ریت ڈالکر آواز دینے والی نلی کے مُنھ پر اگر رکھیں تو ریت کاغذ پر اُچھلتی ہوئی نظر آئیگی (شکل ۲)

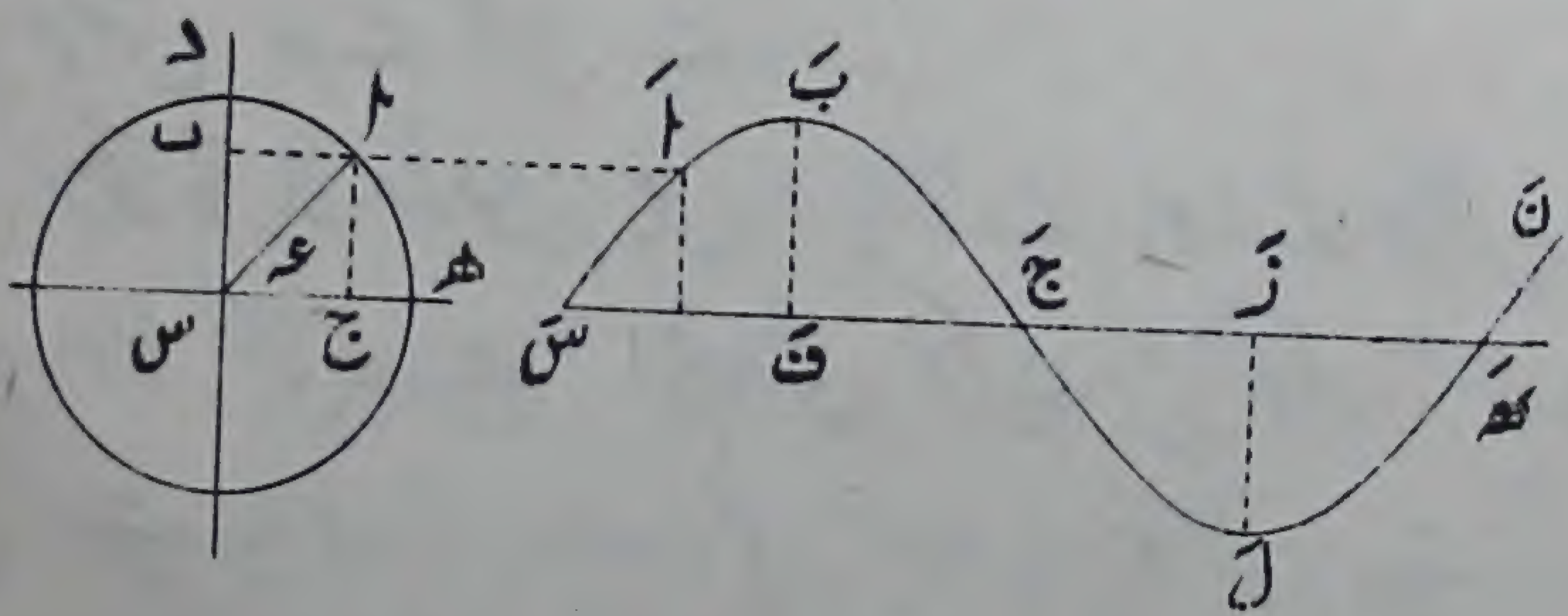
شکل ۲

بولتی ارگن نلی میں ہوا کی حرکت

اِس کی وجہ یہ ہے کہ ہوا نلی کے اندر سے باہر کو اور باہر سے اندر کو جلد جلد حرکت کرتی ہے، اِس لئے کاغذ بھی مرتعش ہونے لگتا ہے۔

متذکرۂ بالا مثالوں میں، یا تانے ہوئے مرتعش تار سے جب آواز نکلتی ہے، ارتعاشی حرکت، متحرک جسم کو انگلی سے چھونے سے بھی محسوس ہوسکتی ہے۔ اگر متحرک جسم دو شاخہ یا تار ہے تو چھونے سے وہ بہت جلد حالتِ سکون میں آجائیگا اور اسکے ساتھ ہی آواز بھی موقوف ہوجائیگی۔

سادہ موسیقی حرکت۔ محض دھماکے یا دھکے سے جو آوازیں پیدا
ہوتی ہیں اُن سے قطع نظر کرکے، مسلسل آوازوں کے
مبداؤں پر اگر نظر ڈالی جائے تو معلوم ہوگا یہ سب ارتعاش
کی حالت میں ہوتے ہیں۔ اکثر مرتعش جسموں کی حرکت،
اگر وہ بہت شدید نہ ہو تو خالص سادہ موسیقی ہوتی ہے یا
کئی سادہ موسیقی حرکتوں کا مجموعہ ہوتی ہے۔ پس طلباء کو
چاہیئے سادہ موسیقی حرکت سے بخوبی واقف رہیں اور اس لئے
حصۂ اوّل یعنے علم حرکت کے سولھویں باب میں اس کے
متعلق جو بیان ہوا ہے اُس کو غور سے پڑھیں۔

طلباء کے استفادہ کی غرض سے ہم اِس حرکت کے اہم
اور ضروری امور کو یہاں مختصر طور پر لکھ دیتے ہیں۔

فرض کرو سمتی س ا ایک نقطہ (س) کے گرد یکساں
زاویئی رفتار (شکل ۳) کے ساتھ گھومتا ہے۔ کسی
ثابت یعنے غیر متحرک خط س د پر اُسکے ظل سے ایک سادہ موسیقی

شکل ۳
سادہ موسیقی حرکت کی توضیح کے لئے

حرکت کی تعبیر ہوگی۔ موجودہ آن میں سمتی کی وضع سَ آ
بتائی گئی ہے اور خط سَ جَ کے ساتھ اُس کا زاویہ (عہ)
ہے۔ خط ب سَ = آ جَ = سَ آ جیب < عہ۔ اگر اُس آن
میں جبکہ وقت (و) صفر ہوتا ہے سمتی کی وضع سَ ھ
ہو اور اُس کے گھومنے کی زاویئی رفتار (ی) مانی جائے
تو عہ = ی و نیز اگر سَ آ کو حیطۂ اہتزاز (ط) قرار دیا جائے
اور ظل سَ ب کو (ما)، تو

ما = ط جب < ی و

کسی سادہ موسیقی حرکت کی تعبیر ایک منحنی سَ آ ب جَ
لَ مَ نَ کے ذریعہ سے بھی ہوسکتی ہے، جس میں فصلے ثانیوں
میں وقت بناتے ہیں اور معینین انتقال مکان (ما)
چنانچہ نقطہ (سَ) سے اس آن کی کیفیت معلوم ہوتی
ہے جبکہ (۱) مقام (ھ) پر واقع ہوتا ہے۔ (بَ) سے
اُس آن کی کیفیت جبکہ (۲) نقطہ (د) پر ہوتا ہے۔
اسی طرح دوسرے نقطوں سے دوسرے وقتوں کی کیفیت
معلوم ہوتی ہے۔ منحنی کے حصہ سَ ب جَ لَ مَ سے
سمتی سَ آ کے ایک پورے دَور کے حالات ظاہر ہوتے
ہیں۔ اس کے بعد منحنی کی شکل اسی حصّہ کا اعادہ
ہوتی ہے۔

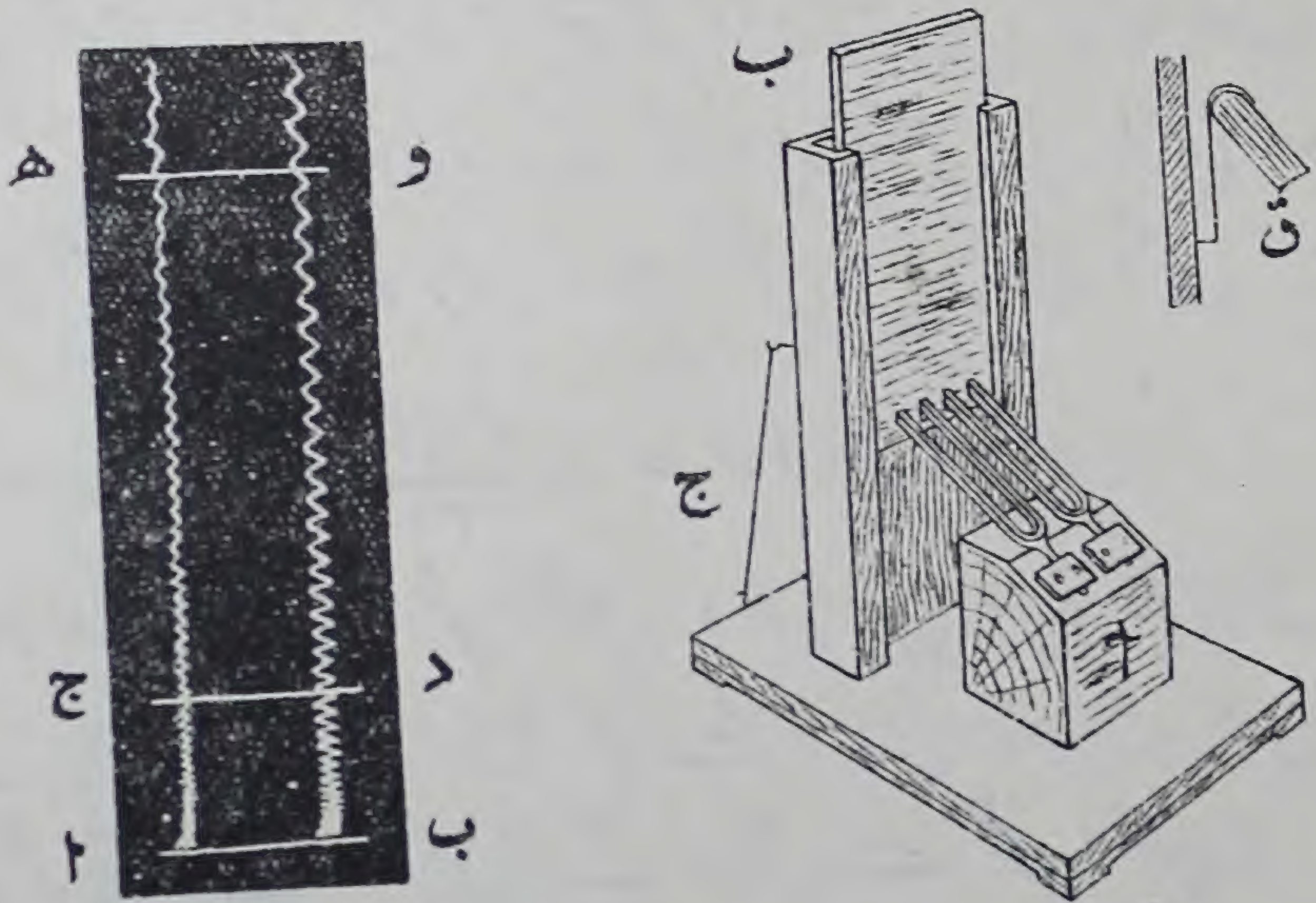
حیطہ اور تعدّد ارتعاش۔ جو کوئی جسم ارتعاش کرسکتا ہے،
جب اس کو اُس کی وضع تعادل سے بر انگیختہ

کرتے ہیں [مثلاً کسی سُر کے دو شاخہ کی ایک شاخ کو مارتے ہیں] تو وہ اپنی تعادل کی وضع کے گرد ارتعاش کرنے لگتا ہے۔ تھوڑی دیر کے لئے اگر اس امر واقعی سے قطع نظر کریں کہ ارتعاش میں آہستہ آہستہ کمزوری پیدا ہوکر وہ بالآخر موقوف ہو جاتا ہے، تو دوران ارتعاش وضع تعادل سے، اُس کے دونوں جانب مرتعش جسم کا جو سب سے بعید انتقالِ مکان ہوگا اُس کو حیطۂ ارتعاش کہتے ہیں۔ (شکل ۳ میں، حیطۂ ارتعاش س ا، س د، د ب یا ز لَ ہوگا۔ آواز دینے والے جسم کا حیطۂ ارتعاش بالعموم بہت چھوٹا ہوتا ہے۔ اِس کے برعکس ایک رقاص کا حیطہ ارتعاش نسبتاً بڑا ہوتا ہے۔

مرتعش جسم ایک ثانیہ میں جتنے بار مکمّل ارتعاش کرتا ہے اُس عدد کو اُس جسم کا تعدّدِ ارتعاش کہتے ہیں ؎

تجربہ (۱)۔ دو سُر کے دو شاخون کے تعدّد ارتعاش کا مقابلہ کرنا۔ لکڑی کے ایک کندے (ا) سے (شکل ۴) دونوں دو شاخون کو کس کر باندھ دیا جاتا ہے۔ شیشہ کا ایک لمبا مستطیل ٹکڑا (ب) ایک عمودی نالی میں سے، ان دو شاخوں کے محاذی گرایا جا سکتا ہے۔ بغیر دھکے کے سیدھا گرانے کی غرض سے دھاگے (ج) کو جلا کر شیشہ کو ایک سہارے سے، جو اُس کو پکڑا رہتا ہے، جدا کر دیتے ہیں۔ دو شاخوں کی ایک ایک شاخ سے الومینم کا باریک قلم

(ق) باندھا ہوا ہوتا ہے، جس کا سرا شیشہ کی سطح کو ذرا سا مس کرتا ہے۔ تجربہ شروع کرنے سے پہلے شیشے کو کسی چراغ کے دھوئیں پر پکڑ کر کالا کر لیتے ہیں۔ دو شاخون کو سارنگی کی "کمان" کے ذریعہ سے مرتعش کرکے

ب
ق
ج
ہ د
ج د
ا ب

شکل (۴)
گرنے والی تختی دو شاخوں کے تعدّاِرتعاش کے مقابلہ کے لئے

شکل (۵)
گرتی ہوئی تختی پر مرتعش قلموں کے نشانات

اسیوقت شیشہ کی تختی گرادی جاتی ہے۔ اُس پر دونوں قلموں کے نشان پڑتے ہیں اور اُس کے گرنے کی مدت میں قلموں (اور دو شاخون) کو جتنے بار ارتعاش ہوتا ہے، آسانی سے، معلوم کرلیا جاتا ہے۔(شکل (۵)) میں دو دو شاخون کے لئے ایسی موجی لکیریں بتائی گئی ہیں۔ لکیروں کے شروع ہونے کے مقام ا اور ب ہیں اور

اِن میں سے ایک خط کھینچا گیا ہے۔ دو اور خط $\overline{\text{ج د}}$ اور $\overline{\text{ھ و}}$ خط $\overline{\text{ا ب}}$ کے متوازی کھینچے گئے ہیں، اس طرح پر کہ ایک دو شاخہ سے جتنی دیر میں لکیر $\overline{\text{ج ھ}}$ کھینچی گئی ہے اُتنی ہی دیر میں دوسرے دو شاخے سے لکیر دو کھینچی گئی ہے۔ $\overline{\text{ج ھ}}$ اور $\overline{\text{د و}}$ میں ارتعاشوں کے اعداد گِن کر دو شاخوں کے تعدّد ارتعاش کی باہمی نسبت دریافت کر لے سکتے ہیں۔ جو شکل دی گئی اُس میں

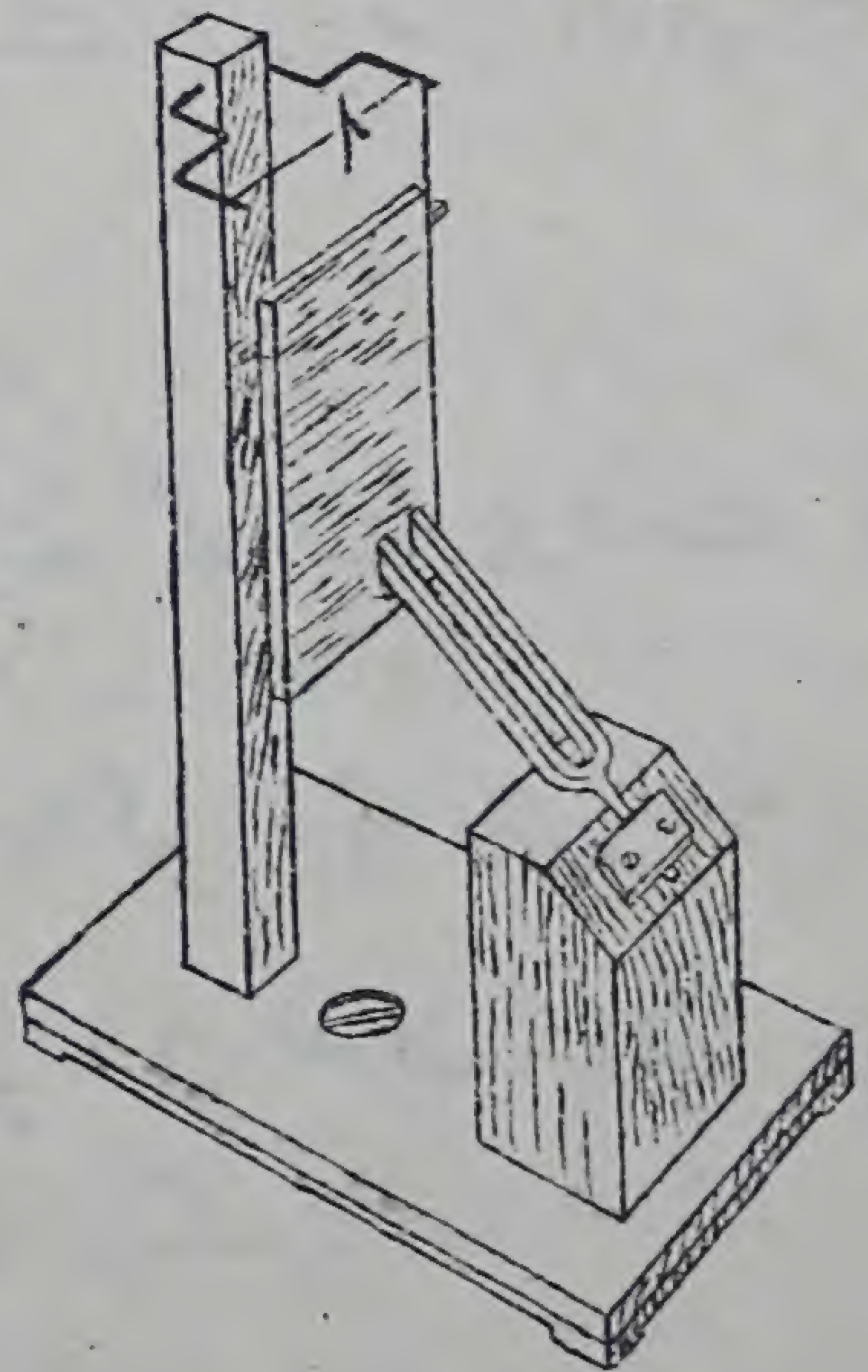
یہ نسبت $\frac{۲۶٫۵}{۲۰} = ۱٫۳۲۵$ ہے۔

الومینم کے قلم کو، شکل (۵) میں جس طرح (ق) کے ذریعہ بتایا گیا ہے موڑنا چاہئے۔ اِس صورت میں جب تختی گرتی ہے تو اُس کے دباؤ سے قلم خفیف سا جُھک جائیگا، لیکن اُس کے جھکنے سے اُس کے سِرے کی اونچائی میں کوئی فرق نہیں پیدا ہوگا۔

تجربہ (۲)۔ گرنے والی تختی کے ذریعہ کسی دو شاخہ کے مطلق تعدّد ارتعاش کی تعیین۔ گرنے والی تختی کے ذریعہ کسی دو شاخہ کا مطلق تعدّد ارتعاش معلوم کرنے کے لئے تختی کا آزادانہ یعنے بلا مزاحمت یا روک کے گرنا لازمی ہے اس لئے نالی نکال دی جاتی ہے اور تختی دھاگے (۲) کے ذریعہ (دیکھو شکل ۶) لٹکائی جاتی ہے۔ جب اُس کو

گرانا مقصود ہوتا ہے تو دھاگا ا کے پاس جلا دیا جاتا ہے۔
اس سے پہلے کے تجربہ میں جیسا الومینم کا قلم
استعمال ہوا تھا اب بھی اُسی طرح کا استعمال ہونا چاہئے
اور پیشتر ہی کی طرح دو شاخہ کو کمان سے مرتعش کیا جائے

شکل ۶ـ

شکل (۶ـ)

گرنے والی تختی، مطلق تعدد ارتعاش ؛ اکیلے دو شاخہ کی ارتعاش کے شمار کرنے کے لئے۔ کی لکیر

شکل (۶) میں ارتعاش کی لکیر کی ایک مثال دی گئی ہے۔ مقام ابتداء یعنے لکیر کے شروع ہونے کا مقام صاف بلا کسی اشتباہ کے نظر آنا چاہئے۔ لکیر پر ب اور ج دو نقطے مناسب مقاموں پر لو جہاں موج صاف بنی ہو اور لکیر کے محور پر سے گزرتی ہو۔ ایک ارتفاع پیما یا سیار خرد بین

کی مدد سے ا سے ب اور ج تک فاصلے $ف_۱$ اور $ف_۲$ بالترتیب ناپو۔
گرنا شروع ہونے سے فاصلہ $ف_۱$ طے ہونے تک جو وقت $و_۱$ گزرتا ہے اس مساوات سے اُسکا پتہ چلتا ہے:
$ف_۱ = \frac{۱}{۲} ج و_۱^۲$ - جہاں ج سے مُراد اسراع بجاذبہ ارض ہے

$$پس\ و_۱ = \sqrt{\frac{۲ ف_۱}{ج}}$$

علیٰ ہذا تختی کو ا سے ج تک گرنے کے لئے جو وقت $و_۲$ درکار ہے $\sqrt{\frac{۲ ف_۲}{ج}}$ کے مساوی ہے۔پس ب سے ج تک گرنے میں جو وقت $و_۲ - و_۱$ صرف ہوتا ہے اُس کا شمار اِس مساوات سے ہوتا ہے:-

$$و_۲ - و_۱ = \sqrt{\frac{۲ ف_۲}{ج}} - \sqrt{\frac{۲ ف_۱}{ج}}$$

اس مدت میں دو شاخہ کے جتنے کامل ارتعاش (ع) ہوئے ان کو لکیر پہ گن لے سکتے ہیں -
لہٰذا دو شاخہ کا تعدّد ارتعاش = $\frac{ع}{و_۲ - و_۱}$
مصرحہ بالا مثال میں ع = ۲۱ اور $ف_۱$ = ۴۸،۱۵ سم $ف_۲$ = ۹۱،۲۷ سم اِس لئے ج کی قیمت ۹۸۱ سم فی ثانیہ فی ثانیہ لیکر

$$و_۲ - و_۱ = ۰،۱۳۷۵ - ۰،۰۸۱۴ = ۰،۰۵۶۱\ ثانیہ$$

$$\therefore\ تعدّد\ ارتعاش = \frac{۲۱}{۰،۰۸۱۴} = ۲۵۸،۰$$

دو شاخہ جب خریدا گیا تھا تو اُس کا تعدد ارتعاش ۲۵۶ بتایا گیا تھا۔

[نوٹ منجانب مترجم * ۔ یہ ضرور نہیں کہ دو شاخہ کا ارتعاش اُسی وقت شروع ہو جبکہ تختی گرنا شروع کرے۔ ایسی دو مختلف حرکتوں کو ایک ساتھ وقوع میں لانا مشکل ہے۔ اگر دو شاخہ کا ارتعاش پہلے شروع ہو یا تختی کا گرنا پہلے، تو کچھ مضایقہ نہیں۔ فرض کرو دو شاخہ کا قلم مرتعش ہوتے وقت تختی کی رفتار فی ثانیہ (د) سنٹی میٹر تھی یا یوں سمجھو کہ تختی پر ارتعاش کی لکیر پڑتے وقت تختی کی یہ رفتار تھی۔ شکل (۷) میں (ا) کو بجائے دو شاخہ کا ارتعاش یا تختی کا گرنا شروع ہونے کا نشان تصور کرنے کے، (ب) اور (ج) کی طرح کوئی بھی ایسا مقام سمجھو جہاں موجی لکیر محور کو قطع کرتی ہے اور موجیں صاف بنی ہیں۔ اگر $(و_1)$، $(و_2)$ تختی کے ا سے ب تک اور ب سے ج تک گرنے کی مدّتیں سمجھی جائیں اور اور اِن فاصلوں کو بالترتیب $ف_1$ اور $ف_2$ کہا جائے تو

$$ف_1 = دو_1 + \frac{1}{2} ج (و_1)^2 \quad اور \quad ف_2 = دو_2 + \frac{1}{2} ج (و_2)^2$$

ا سے ب تک اور ب سے ج تک گن کر دیکھو کتنی مکمّل موجیں بنی ہیں۔ فرض کرو ان کی تعداد بالترتیب

ع۱ اور ع۲ ہے تو دو شاخہ کے تعدّد ارتعاش کو حسب سابق
ع مان کر ہم
بجائے د_1 کے $\frac{\text{ع}_1}{\text{ع}}$ اور بجائے د_2 کے $\frac{\text{ع}_2}{\text{ع}}$ لکھ سکتے ہیں

یعنی $\text{ف}_1 = \text{ر}\,\frac{\text{ع}_1}{\text{ع}} + \frac{1}{2}\,\text{ج}\left(\frac{\text{ع}_1}{\text{ع}}\right)^2$

اور $\text{ف}_2 = \text{ر}\,\frac{\text{ع}_2}{\text{ع}} + \frac{1}{2}\,\text{ج}\left(\frac{\text{ع}_2}{\text{ع}}\right)^2$

(ر) کو ساقط کرنے کی غرض سے:- $\text{ع}_2\,\text{ف}_1 = \frac{\text{ر}\,\text{ع}_1\,\text{ع}_2}{\text{ع}} + \frac{1}{2}\,\text{ج}\left(\frac{\text{ع}_1}{\text{ع}}\right)^2\text{ع}_2$

اور $\text{ع}_1\,\text{ف}_2 = \frac{\text{ر}\,\text{ع}_1\,\text{ع}_2}{\text{ع}} + \frac{1}{2}\,\text{ج}\left(\frac{\text{ع}_2}{\text{ع}}\right)^2\text{ع}_1$

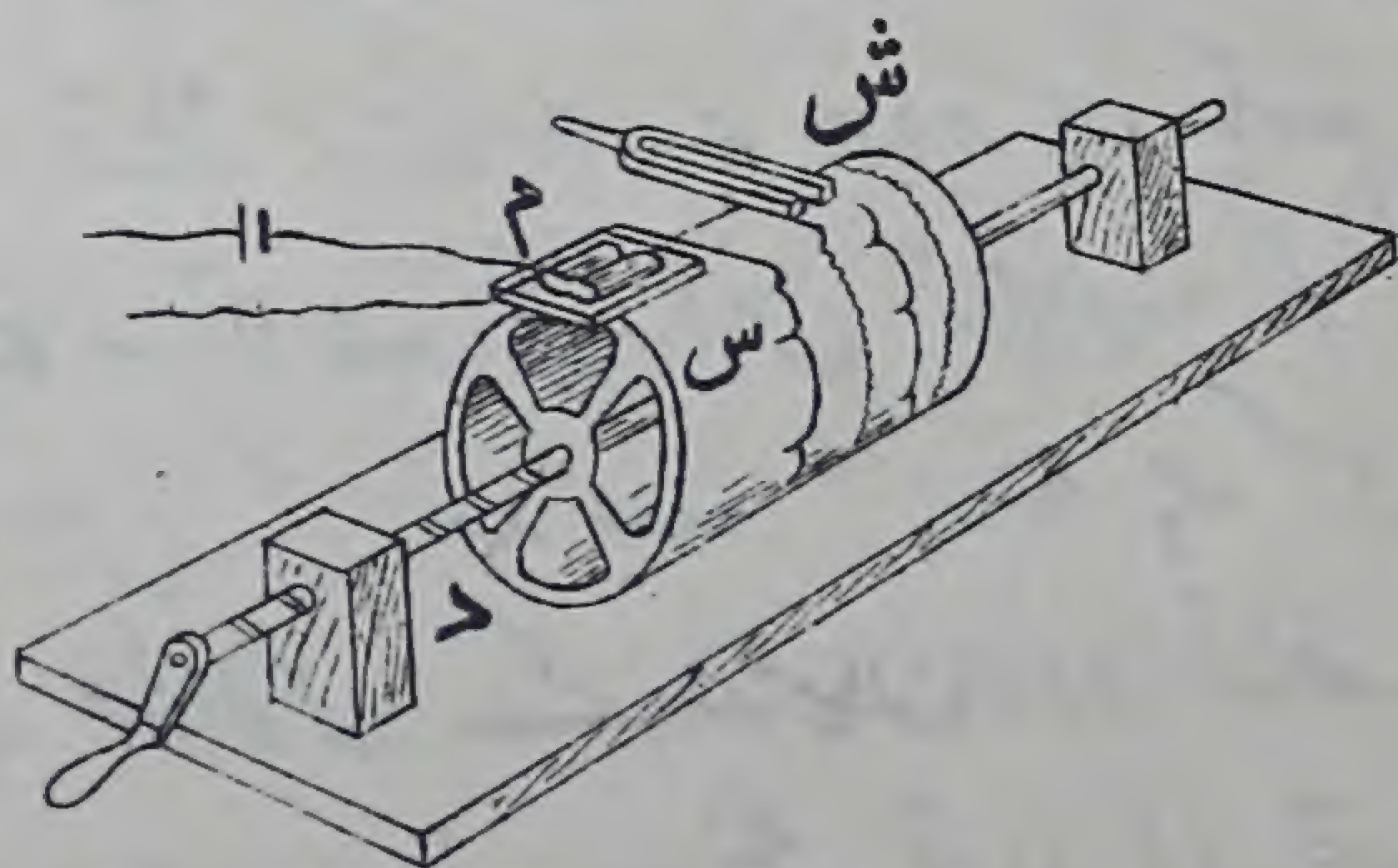
دوسری مساوات سے پہلی کو تفریق کرنے سے

$\text{ع}_1\,\text{ف}_2 - \text{ع}_2\,\text{ف}_1 = \frac{\text{ج}\,\text{ع}_1\,\text{ع}_2}{2\,\text{ع}^2}\left(\text{ع}_2 - \text{ع}_1\right)$ مساوات حاصل آتی ہے

جس سے $\text{ع} = \sqrt{\frac{\text{ج}\,\text{ع}_1\,\text{ع}_2\left(\text{ع}_2 - \text{ع}_1\right)}{2\left(\text{ع}_1\,\text{ف}_2 - \text{ع}_2\,\text{ف}_1\right)}}$

سہولت کی غرض سے ع_1 اور ع_2 ایک ہی لئے جا سکتے ہیں اس سے حسابی شمار زیادہ آسان ہو جاتا ہے]

وقت نگار کے ذریعہ سے تعدّد ارتعاش کی پیمائش

ایک اسطوانی پردہ ، (س) کے اطراف [شکل (۸)] ایک کاغذ کو ، دھوین سے سیاہ کرکے لپیٹتے ہیں - پردہ ایک دھرّی (د) کے گرد ، جس پر ایک بڑی گھائی کا پیچ تراشا گیا ہے ، گھومتا ہے - دستہ کو پھرانے سے اسطوانہ گھومتا بھی ہے اور آگے کو حرکت بھی کرتا ہے - دو شاخہ سے ایک قلم باندھ دیا جاتا ہے

شکل (۸)
وقت نگار

اسطوانی پردہ جب گھومتا ہوا آگے کو بڑھتا ہے تو اُس پر قلم سے ایک لکیر پڑتی ہے وقت کے وقفے یا عرصے ناپنے کے لئے ایک چھوٹے برقی مقناطیس (م) کے محافظ پر ایک قلم نصب کیا جاتا ہے جو دو شاخہ کے قلم کی لکیر کے بازو پردہ پر ایک دوسری لکیر کھینچتا ہے - برقی مقناطیس میں ایک مورچہ کے ذریعہ رَو

پہنچائی جاتی ہے اور اُس کے، یعنے برقی مقناطیس کے ساتھ ایک برقی "توڑ جوڑ" ہم سلسلہ ہوتا ہے، جو نصف ثانیہ بجانے والے رقاص کے ایک سٹینڈرڈ گھڑیال کی متابعت کرتا ہے۔ اس لئے ہر نصف ثانیہ کو جبکہ رقاص اہتزاز کرتے ہوئے اپنے پائیں ترین مقام پر پہنچتا ہے تو برقی حلقہ "جُڑ جاتا ہے" یعنے حلقہ کے موصلوں میں ملاپ ہو کر حلقہ میں رَو دوڑ جاتی ہے، اور قلم "محافظ" کے ساتھ، مقناطیس کی طرف کھچا ہوا آنے سے کالے پردہ پر ایک چھوٹا سا آڑا خط بنتا ہے۔ آلات کی اس ترتیب کو "وقت نگار" کہتے ہیں۔ اس کی مدد سے، پردہ پر کسی بھی دو نصف ثانیوں کے نشانوں کے درمیان دو شاخہ کے ارتعاش سے جتنی موجیں بنی ہونگی اُن کی تعداد گن لی جاسکتی ہے اور اُس سے دو شاخہ کا تعدّدِ ارتعاش نکالا جاسکتا ہے۔

اس طریقۂ عمل کو الٹ کر "وقت نگار" کی بدولت وقت کے چھوٹے وقفے ناپ سکتے ہیں۔ جو دو شاخہ استعمال ہوگا اُس کا تعدّد ارتعاش پیشتر سے معلوم ہونا چاہئے۔ جن وقفوں کو ناپنا ہوتا ہے اُن کے آغاز و اختتام پر برقی مقناطیس (م) کے ذریعہ برقی حلقہ "جوڑ" دیا جاتا ہے۔ اس سے پردہ (س) پر نشان

پڑتے ہیں اور ان سے کوئی دو متصل نشانوں کے مابین دو شاخہ کے ارتعاش سے موجوں کی تعداد گنی جائے اس سے مدت متذکرہ کی تخمین ہوتی ہے۔

پہلے باب کی مشقیں

(۱)۔ سادہ موسیقی حرکت کیا ہے؟ اُس کو وقت اور انتقالی فاصلہ کی ترسیم کے ذریعہ کیونکر سمجھا سکتے ہیں۔

(۲) "حیطۂ ارتعاش" اور "تعدّد ارتعاش" کی تعریف کرو۔

کسی سُر کے دو شاخہ کے تعدّد ارتعاش کی پیمائش کا طریقہ بیان کرو۔

(۳) تم کیونکر ثابت کروگے کہ آواز کا مبداء ایک مرتعش جسم ہوتا ہے، ایسی صورت میں جبکہ اُس جسم کی حرکت اتنی خفیف ہو کہ دکھائی نہ دے۔

(۴) گرتی ہوئی تختی کے ذریعہ کسی سُر کے دو شاخہ کا مطلق تعدّدِ ارتعاش دریافت کرنے کا طریقہ بیان کرو۔ سکون کی حالت سے شروع کرکے تختی ۲۰ء۱ سم فاصلہ نیچے آتی ہے اور پھر جب اس کے بعد کے ۲ء۱۰ سم گرتی ہے تو دو شاخہ ۳۵ بار ارتعاش کرتا

ہے ۔ حساب کرکے بتاؤ دو شاخہ کا تعدّد ارتعاش کیا ہے ۔

(۵) وقت کے چھوٹے وقفے ناپنے کی غرض سے تم "وقت پیما" سے کس طرح کام لوگے اگر تمہیں معلوم تعدّدِ ارتعاش والا کوئی دو شاخہ دیا جائے ؟

(۶) دو شاخوں کے تعدّد ارتعاش کا باہم مقابلہ کرنے کا کوئی طریقہ بیان کرو ۔

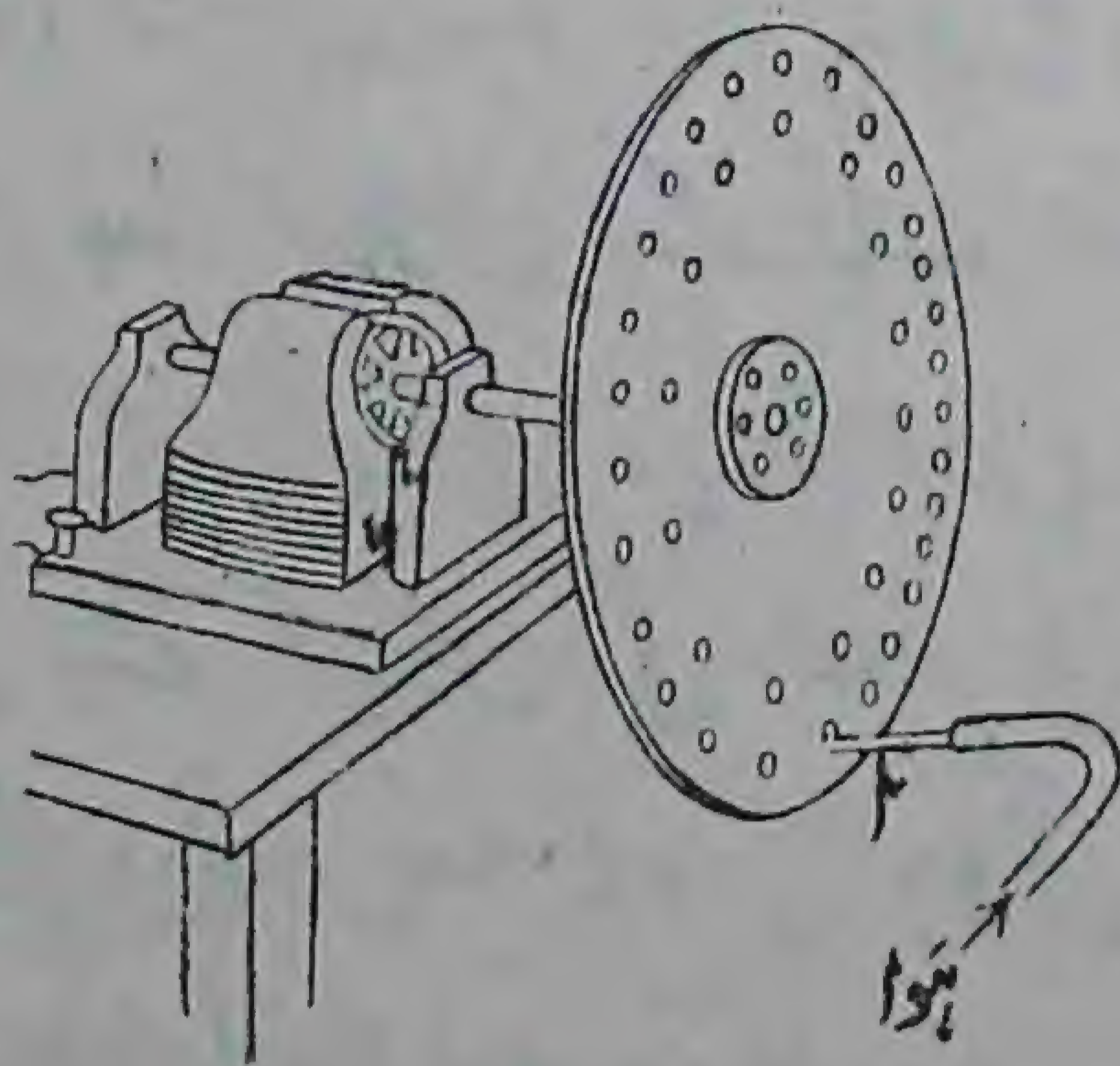
دوسرا باب

امتداد، بلندی، اور کیفیت آواز

امتداد اور تعدّدِ ارتعاش ۔ ہماری سماعت کی حس ہمیں یہ بتاتی ہے کہ آیا فلاں موسیقی سُر کا امتداد اونچا ہے یا نیچا لیکن یہ نہیں بتاتی کہ امتداد کس چیز کے تابع ہے ۔ ہمیں یہ معلوم ہے کہ اگر کوئی آواز یا شور (مثلاً ہتوڑی کے ضرب کی آواز) مساوی وقفوں کے ساتھ وقوع میں آئے تو ہمیں یہ آوازیں جُدا جُدا تحریکوں کے ایک سلسلہ کی طرح سنائی دیتی ہیں ۔ اگر ان تحریکوں (یا آوازوں) کے درمیانی وقفے گھٹاتے جائیں یعنے تحریکوں کی تعداد فی ثانیہ بڑہائی جائے تو بھی یہ تحریکیں جُدا جُدا محسوس ہونگی حتیٰ کہ ان کی تعداد فی ثانیہ ۲۵ یا ۳۰ ہو جائے ۔ جب تحریکوں کی تعداد یہاں تک پہنچ جاتی ہے تو ہماری سماعت کی حس اُن کو پہلے کی طرح جُدا جُدا محسوس نہیں کرسکتی ۔ اسکے

بجائے ان کا ایک مجموعی اثر محسوس ہو کر ایک مسلسل بھنبھناہٹ سنائی دے گی۔ جوں جوں ان تحریکوں کے تعدّد میں زیادتی ہوتی جائیگی اس مسلسل بھنبھناہٹ یا سُر کا امتداد بڑہتا جائیگا۔ بس ظاہر ہے کہ موسیقی سُر کا امتداد اُس کی متعلقہ تحریکوں (یا دہکوں) کے تعدّد کے تابع ہوتا ہے ؛

اس امر کی توضیح کے لئے بہت سی مثالیں دی جاسکتی ہیں۔ چنانچہ جب شکنجہ میں گھڑیال کی کمانی کے ایک لمبے ٹکڑے کا ایک سرا جکڑ دیا جاتا ہے اور اُس کے دوسرے سرے کو وضع سکون سے ہٹا کر کمانی کو ارتعاش کی حالت میں لایا جاتا ہے تو جب تک ارتعاش دیر دیر سے ہوتا ہے (یعنے تعدّد ارتعاش کم ہوتا ہے) کوئی آواز محسوس

ہوا

شکل ۹
قرصدار۔ گاٹن

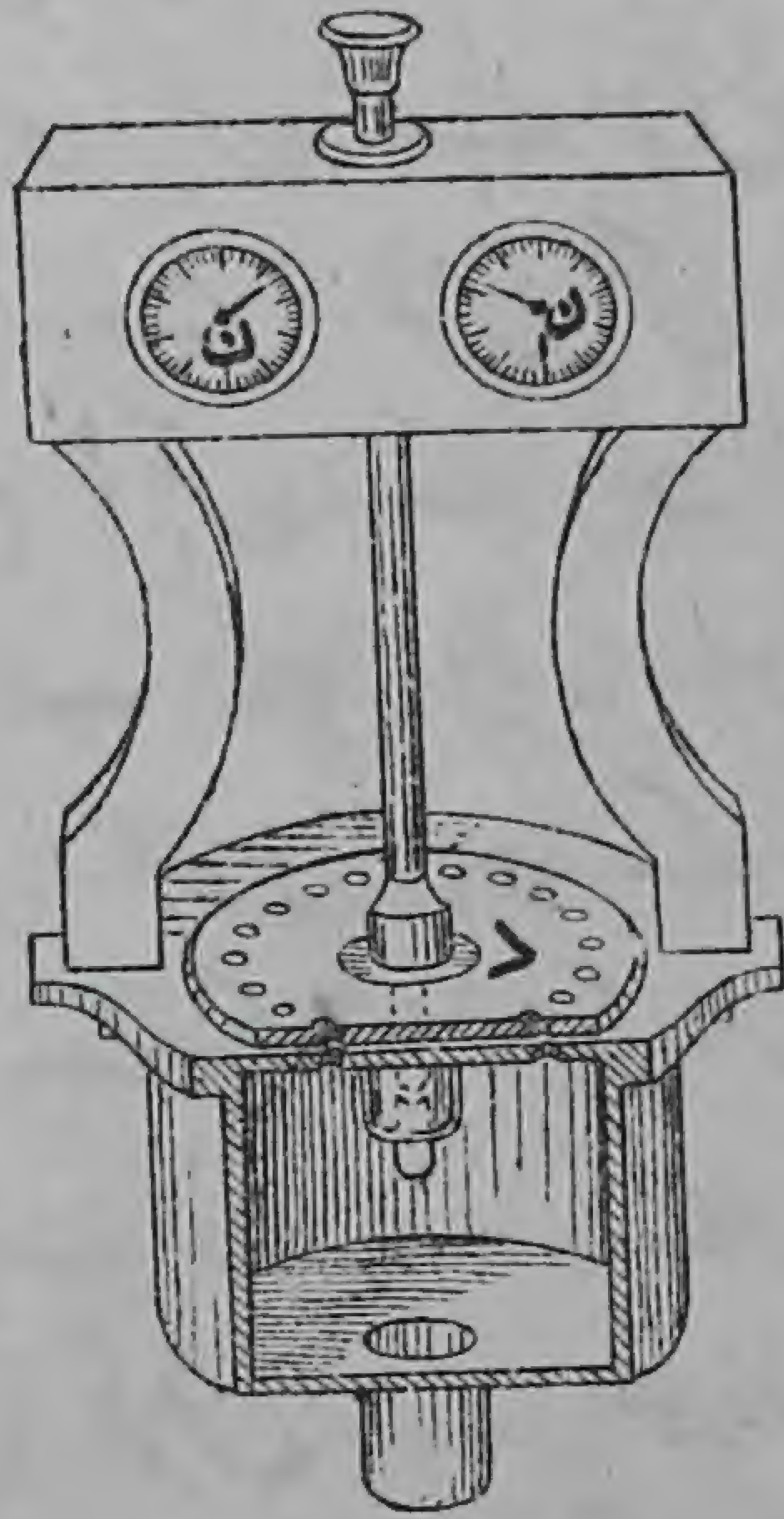
نہیں ہوتی ۔ کمانی کے شکنجہ سے باہر کے حصّہ کو گھٹانے سے ہم دیکھتے ہیں کہ ارتعاش جلد جلد ہوتے رہیں، جب وہ کافی جلد ہونے لگتے ہیں تو ایک پست موسیقی سُر سنائی دینا شروع ہوتا ہے ۔ کمانی کے مرتعش حصّہ کے طول کو اور زیادہ گھٹانے سے تعدّد ارتعاش میں ترقی ہوتی ہے اور زیادہ اونچے امتداد کے سُر سنائی دیتے ہیں ۔ جب یہ طول ایک سنتی میٹر کے قریب پہنچتا ہے تو ایک بہت اونچا سُر یعنے بہت اونچے امتداد کی آواز محسوس ہوتی ہے ۔

قرصدار گائن کی مدد سے ہم یہ ثابت کر سکتے ہیں کہ تعدّد ارتعاش اور امتداد میں تعلق مقداری ہے ۔ دیکھو شکل (۹)

ایک قرص (مدّور تختی) کی سطح پر اس کے ہم مرکز دائروں کی شکل میں سوراخوں کی دو قطاریں بنائی گئی ہیں ۔ برقی موٹر کے ذریعہ تختی حسب خواہش پھرائی جا سکتی ہے ۔ ایک نوکدار نلی (۱) میں دھونکنی سے ہوا آکر قرص کے سوراخوں سے ٹکراتی ہے ۔ جب تک قرص کے گھومنے کی رفتار دھیمی ہے ہر ایک سوراخ میں سے، جب وہ نلی کے محاذی آتا ہے، ہوا کا ایک جھونکا گزرتا ہے ۔ اور کان میں علٰحدہ علٰحدہ جھونکوں کی علٰحدہ علٰحدہ آوازیں سنائی دیتی ہیں ۔ لیکن جب رفتار کافی تیز ہو جاتی ہے جھونکے ایک دوسرے سے علٰحدہ تمیز نہیں ہوتے بلکہ گویا آپس میں ملکر ایک سُر بنتا ہے جس کا

استداد قرص کی رفتار کے ساتھ بڑھتا جاتا ہے ۔

معہذا اگر قرص کی بیرونی قطار میں سوراخوں کی تعداد اندرونی قطار کے سوراخوں کی تعداد کے دو چند ہو تو قرص کی کسی بھی مستقل رفتار کی حالت میں نلی کے منہ کو باری باری سے اندرونی اور بیرونی قطاروں کے سوراخوں کے محاذی پڑنے سے جو سُریں پیدا ہونگے اُن کے امتدادوں میں ایک سریع الامتیاز تعلق پایا جائیگا ۔ دوسرے تعدّد ارتعاش کا سُر دوسرے سُر سے ایک سرگم بڑھا ہوا ہوگا ۔ یہ تعلق، قرص کی جو کوئی بھی رفتار ہوگی، صحیح ثابت ہوگا ۔ پس مطلق تعدّد ارتعاش کچھ بھی ہو ایک سُر دوسرے سُر سے ایک سرگم بڑھا ہوا ہوتا ہے، جبکہ اُس کا تعدد پہلے سُر کے تعدّد کا دو چند ہوتا ہے ۔ آگے چلکر سرگم کے سوا دوسرے موسیقی ابعاد کے متعلق بھی یہی دلیل پیش کی جائیگی ۔ اِس موقع پر صرف اِتنا بیان کر دیا جاتا ہے کہ کوئی سے دو سُروں کے امتدادوں کا موسیقی بُعد اُن کے ارتعاش کے تعدّدوں کی نسبت کے تابع ہوتا ہے نہ کہ اُن کے مطلق تعدّدوں کے ۔ تمثیلاً اگر ایک سُر کا تعدّد ۵۱۲ فی ثانیہ ہے تو وہ ۲۵۶ فی ثانیہ تعدّد کے سُر سے ایک سرگم اوپر ہوگا اور ۱۰۲۴ فی ثانیہ تعدّد کے سُر سے

ایک سرگم نیچے۔

(شکل ۱۰)

گائن۔ شکل (۹) کے گھومنے والے قرص کے ساتھ چند ضروری چیزیں بڑھا کر تعدّد ارتعاش ناپنے کا ایک مفید آلہ بنایا گیا ہے جو "سیرن" (یعنے گائن) کے نام سے مشہور ہے۔ انتصابی محور پر ایک مدّور تختی د (شکل ۱۰) گھومتی ہے۔ محور (یا دھرّی) کے اوپر والے سرے میں ایک "پیچ چکر" ہے جو ایک دندانہ دار چرخ کے ساتھ "مقیّد" ہوکر حرکت کرتا ہے۔ اِس سے دو نمائندوں (ن) کو گردش ہوتی ہے، ایک نمائندہ قرص (د) کا ایک ایک دَور، دوسرا اُس کے دس دس دَور

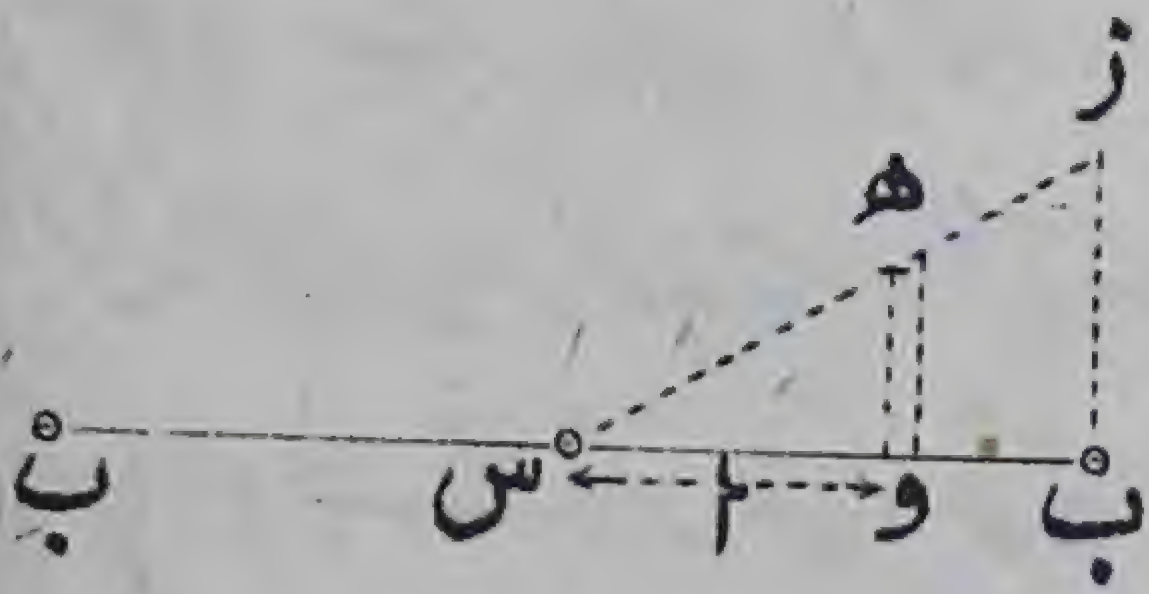
اپنے متعلقہ ڈائیل یا چہرے پر بتائیگا - قرص پر دائرے کی شکل میں سوراخوں کی ایک قطار ہے۔ قرص کے نیچے ہوا کے صندوقچہ کا جو ڈھکن ہے اس پر بھی ایسے ہی سوراخون کی ایک قطار ہے - قرص کی ایک خاص وضع میں اُس کے سوراخ ڈھکن کے سوراخون کے ٹھیک مقابل آتے ہیں - جب کبھی ایسا ہوتا ہے سوراخوں میں سے صندوقچہ کی محبوس ہوا کے جھوکے باہر نکل آتے ہیں - اگر قرص کے گھومنے کی رفتار کافی تیز ہو تو یہ مسلسل جھوکے ایک دوسرے سے ملکر ایک سُر پیدا ہوتا ہے - فرض کرو قرص کے سوراخوں کی تعداد (ن) ہے اور وہ فی ثانیہ (ن۱) مرتبہ گھومتا ہے تو اس سُر کا تعداد ارتعاش ن × ن۱ ہوگا -

قرص کو پھرانے کے طریقہ کو بھی سمجھ لینا چاہئے - دونوں تختیوں میں جو سوراخ بنائے گئے ہیں تختیوں کی سطح پر عمودی نہیں بلکہ ترچھے واقع ہوئے ہیں - قرص کے سوراخوں کا میلان صندوقچہ کے ڈھکّن کے سوراخوں کے میلان کے مخالف ہے - اس لئے ہوا جب ڈھکّن کے سوراخ سے باہر نکلتی ہے تو قرص کے سوراخ کے ایک بازو سے ٹکراتی ہے جس کی وجہہ سے قرص گھومنے لگتا ہے - صندوقچہ کی ہوا کے دباؤ کو گھٹانے بڑھانے سے قرص کی رفتار ٹھیک کیجا سکتی ہے -

آواز کے کسی مبداء، مثلاً سُر کے کسی دو شاخہ کے تعدّد ارتعاش کی اگر پیمائش مقصود ہو تو "گائن" کے گھومنے کی رفتار کو ترتیب دیکر اُس سے جو سُر پیدا ہوتا ہے اس کے امتداد کو دو شاخہ کے امتداد کے برابر کرنا چاہئے - ایک "چلر گنی" گھڑی کی مدد سے گائن کے نمائندوں پر نظر رکھ کر یہ معلوم کر لینا چاہئے کہ کتنے عرصہ میں قرص کے کتنے چکّر ہوئے - اکثر آلوں میں "پیچ چکر" کو دندانہ دار چکر کے ساتھ حسب خواہش ملانے یا اُس سے جُدا کرنے کے لئے ایک خاص انتظام مہیّا ہوتا ہے لیکن چونکہ اس کے استعمال سے گائن کی رفتار میں کسیقدر تغیّر واقع ہوتا ہے اُس سے کام نہ لیا جائے تو بہتر ہوگا - جب قرص کے گھومنے کی تعداد فی ثانیہ دریافت ہو جائے اور اُس کے سوراخ گِن لئے جائیں تو سُر کا تعدّد ارتعاش معلوم ہو جاتا ہے۔

بلندی - سُریلی آواز یا نغمہ میں تین قسم کی تبدیلی ممکن ہے:- (۱) امتداد (۲) بلندی (۳) کیفیت کی - امتداد، تعدّد ارتعاش کے تابع ہوتا ہے - بلندی، آواز کے مبداء کی توانائی پر، سننے والے کے کان سے آواز کی جو موج ٹکراتی ہے اُس کی توانائی پر موقوف ہے - کیفیت پر آگے چلکر بحث کی جائیگی - یہاں صرف اس قدر کہنا کافی ہوگا کہ جب ایک ہی امتداد کے سُر

مختلف موسیقی آلات سے نکلتے ہیں تو اُن میں امتیاز
کیفیت ہی کی بدولت ہوتا ہے۔

جیسا کہ ہم نے اوپر بیان کیا ہے اواز (یا سر) کی
بلندی، ارتعاش کی توانائی کے تابع ہے۔ اور توانائی کا
حیطۂ ارتعاش کے تابع ہونا واضح ہے۔ توانائی اور حیطۂ
ارتعاش میں جو نسبت ہے اس کو یوں معلوم کر سکتے
ہیں:

فرض کرو (ک) کمیت
کا ایک جسم سادہ موسیقی
حرکت کرتا ہے، اور ب، بَ
اُس کے انتہائی مقام ہیں۔
جب وہ اپنے مقام سکون
(س) سے گزرتا ہے، اسکی
رفتار کو (د) فرض کرو۔

شکل ۱۱

یہاں اُس کی توانائی بالفعل [$\frac{1}{2}$ ک د^2] ہوگی
چونکہ حرکت سادہ موسیقی مانی گئی ہے اس لئے
اس جسم پر ایک قوت عامل ہوگی جس کا رُخ ہمیشہ
مقام سکون (س) کی طرف ہوگا، اور جو باعتبار
مقدار، (س) سے جسم کے انتقالی فاصلہ کی مناسبت
سے بدلتی جائیگی۔ س سے ب تک جانے میں، اس
قوت کے مقابلہ میں کام کرنا ہوتا ہے۔ چونکہ ب پر

جسم کی رفتار صفر ہو جاتی ہے، اس لئے یہاں پہنچکر اُس کی 'توانائی بالفعل'، یعنے $\frac{1}{2}$ ک ر۲ قوت کے مقابلہ میں کام کرکے ساری کی ساری صرف ہو جاتی ہے۔

جب انتقالی فاصلہ ۲ ہو تو فرض کرو کہ جسم پر عمل کرنے والی قوّت م ا ہے (م سے یہاں مراد کوئی 'مستقل' ہے)۔ شکل ۱۱ میں عمودی خط ھو سے م۲ کو تعبیر کیا گیا ہے۔ اِسی طور پر دوسرے اور معیّن بنانے سے ایک مثلث نما شکل س ب ز تیاّر ہوتی ہے۔ حصہ دوم کے تیرھویں باب میں سمجھایا گیا ہے کہ اس شکل سے، قوت کے مقابلہ میں جو کام کیا جاتا ہے، اُس کا شمار ہو سکتا ہے۔ اگر حیطۂ ارتعاش س ب کو اَ مانا جائے تو ب ز = م اَ۔ کام کی شکل (مثلث) کا رقبہ ناپنے سے پورے کام کی مقدار معلوم ہوتی ہے

پس جو کام کیا گیا = س ب × $\frac{1}{2}$ ب ز = اَ × $\frac{1}{2}$ م اَ

= $\frac{1}{2}$ م اَ۲ = $\frac{1}{2}$ ک ر۲

چونکہ م ایک مستقل ہے اس لئے جو کام ہوا ہے اَ کے مربع یعنے اَ۲ کے متناسب ہے۔ واضح ہے کہ اس کام سے ارتعاش کی توانائی ظاہر ہوتی ہے پس ارتعاش کی توانائی کو حیطۂ ارتعاش کے مربع سے مناسبت ہوتی ہے۔ یہ تعلق نہ صرف کسی مرتعش

جسم کے لئے صحیح ہوتا ہے بلکہ اُن موجوں کے لئے بھی جن کے ذریعہ سے آواز کان تک پہنچتی ہے، دیکھو صفحہ (۶۰) تیسرا باب - اس لئے آواز کی بلندی کو **ہوا کے حیطۂ ارتعاش کے مربع سے مناسبت ہوتی ہے** -

[نوٹ منجانب مترجم - چونکہ آواز کی بلندی فی الحقیقت سننے والے کی حِسّ سامعہ پر موقوف ہوتی ہے لہٰذا آواز کی بلندی کو ہوا کے حیطۂ ارتعاش کے مربع کے تابع کہنا خالی از سقم نہیں - البتہ یہ کہا جا سکتا ہے کہ آواز پیدا کرنے والی موجی حرکت کی شدّت حیطۂ ارتعاش کے مربع کے تابع ہے -]

ارتعاش کی توانائی تعدّد ارتعاش کے بھی تابع ہوتی ہے - شکل (۱) پر اگر نظر ڈالی جائے تو معلوم ہوگا کہ ایک کامل اہتزاز کا وقت دوران $د = \frac{۲\pi}{ی} = \frac{۱}{ت}$ -

یہاں (ت) سے مراد تعدد ارتعاش ہے اور (ی) اُس گھومنے والے سمتی کی زاویئی رفتار ہے، جس کا ظل ایک ثابت مستقیم خط پر سادہ موسیقی حرکت پیدا کرتا ہے - لہٰذا $ی = \frac{ر}{ا}$ پس

اہتزاز کے عین وسط میں توانائی بالحرکت $= \frac{۱}{۲} ک ر^۲$

$= \frac{۱}{۲} ک ی^۲ ا^۲$

$= ۲ \pi^۲ ک ت^۲ ا^۲$

اس لئے اہتزاز کی توانائی بالاشتراک حیطۂ ارتعاش کے مربع اور تعدد ارتعاش کے مربع کے متناسب ہوتی ہے۔

متوفیٰ لارڈ ریلے نے ایک معلوم دباؤ کی ہوا کے ذریعہ ایک سیٹی بجاکر پہلے دریافت کرلیا کہ سیٹی بجنے کے لئے فی ثانیہ کسقدر توانائی چاہئے پھر یہ بھی معلوم کرلیا کہ مبداء سے کتنے فاصلہ پر سیٹی کی اواز ٹھیک سنائی دیتی ہے یعنے وہ فاصلہ ناپ لیا گیا جس سے ذرا بھی آگے بڑھنے سے آواز مسموع نہ ہوتی تھی۔ آواز کی موجوں کے پھیلنے کی رعایت رکھ کر اس سے یہ نتیجہ ماخوذ ہوا کہ ٹھیک سماعت کے لئے ہوا کی موجوں کا حیطۂ ارتعاش ۱٫۸ × ۱۰^-۸ سم تھا۔ تجربہ محولہ کے متعلق زیادہ تفصیل کے ساتھ مترجم نے چوتھے باب کے اختتام پر بحث لکھی ہے طلباء اس کو بغور پڑھیں۔

سماعت کی نہایتیں۔ اس سے یہ مراد ہے کہ اوسط انسان کم سے کم، اور زیادہ سے زیادہ، کتنے تعدد ارتعاش کی آواز (یا سُر) سن سکتا ہے۔ جب تعدد گھٹتے گھٹتے سُر کا امتداد نہایت پست ہو جاتا ہے تو اس کے بعد تعدد کے گھٹاؤ سے، بجائے سماعت موقوف ہونے کے، جن تحریکوں یا دھکوں کے تواتر سے

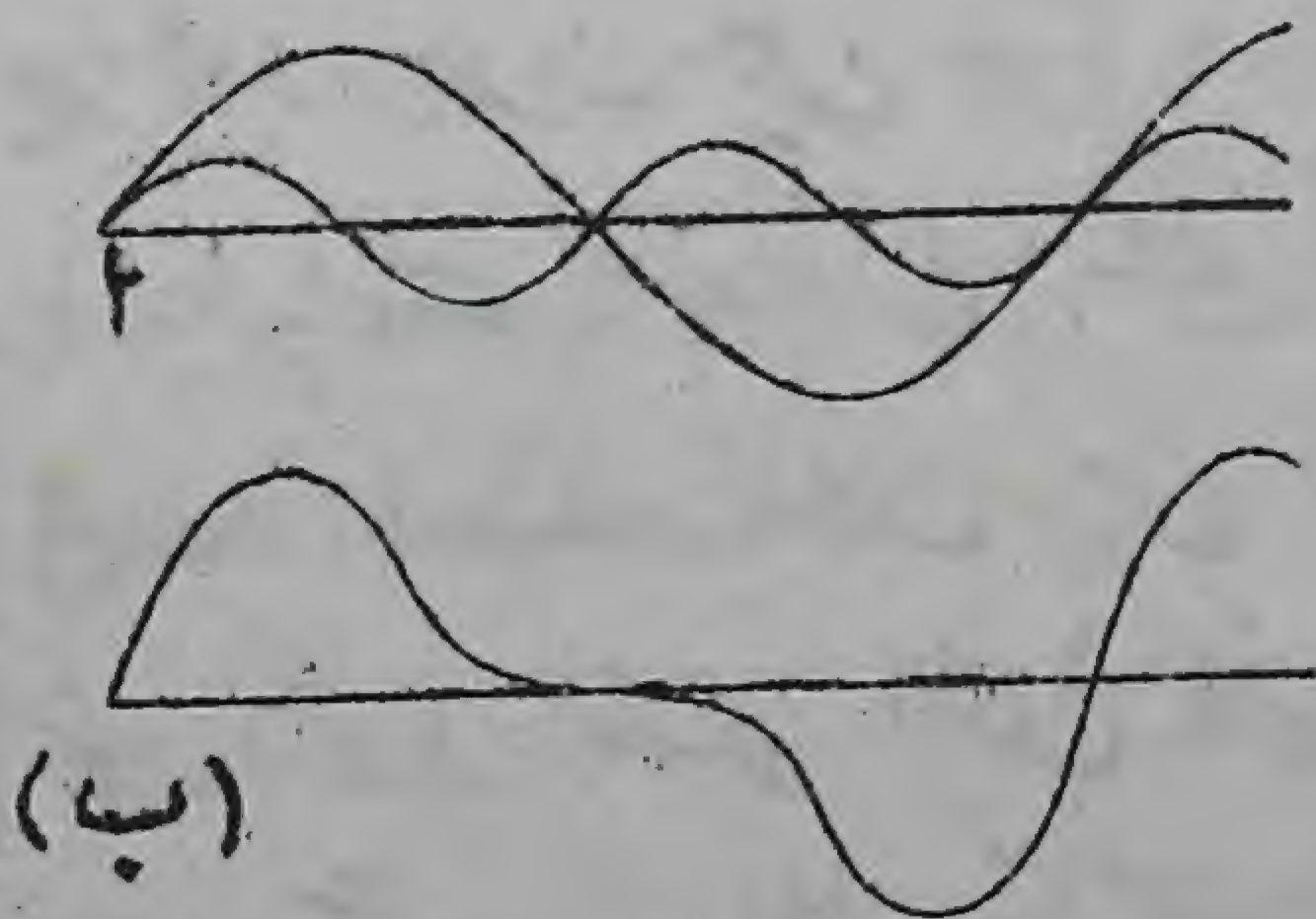
سُر بنتا ہے علیٰحدہ علیٰحدہ محسوس ہونے لگتے ہیں یعنے
سُر کی حیثیت باقی نہیں رہتی، مفرد تحریکین یا دھکے
علیٰحدہ علیٰحدہ محسوس ہوتے ہیں - لیکن جب تعدّد ارتعاش
بہت بڑھ جاتا ہے تو سُر بہت اونچا ہوتا ہے - جب تعدد
۱۵۰۰۰ فی ثانیہ ہوتا ہے تو سُر محض ایک سسکار کی سی
آواز معلوم ہوتی ہے - اس سے بھی بڑھ جائے تو آواز ہی
نہیں سنائی دیتی - بعض لوگوں کی سماعت کی نہایت
بہ نسبت اوروں کے زیادہ ہوتی ہے - ایسے لوگ
۲۰۰۰۰ یا ۲۵۰۰۰ تک کے تعدّد کی آوازیں سُن سکتے ہیں -
نو عمر لوگوں کی سماعت کی نہایت مُسن لوگوں کی بہ نسبت
علی العموم زیادہ ہوتی ہے - بعض آدمی چوہے کے چچیانے
کی آواز نہیں سُن سکتے - اُن کے لئے اس آواز کا امتداد
جو فی الحقیقت بڑا ہوتا ہے سماعت کی نہایت سے بڑھ
جاتا ہے - گالٹن کی سیٹی سے (دیکھو تجربہ (۳) بہت
بڑے امتداد کے سُر بجا سکتے ہیں - علاوہ بریں ان سُروں
کا امتداد حسب منشاء گھٹایا بڑھایا بھی جا سکتا ہے - پس
اس کی مدد سے ہر کسی کی سماعت کی نہایت کا
اندازہ ہو سکتا ہے ؛

کیفیت - ایک ہی امتداد کے سُر جب مختلف مبداؤں
سے پیدا ہوتے ہیں ہم ان کو پہچان لیتے ہیں - اِس
امتیاز کی وجہ یہ ہے کہ اُن کی "کیفیتوں" میں اختلاف

ہوتا ہے۔ سُر کی "کیفیت" کا باعث اُس کے ارتعاش کی "پیچیدگی" ہے۔ شاذ ہی ایسا ہوتا ہے کہ آواز دینے والے جسم کی ارتعاشی حرکت ایک سادہ موسیقی حرکت ہوتی ہے۔ سُر پیدا کرنے کے دو شاخہ کی حرکت قریب قریب سادہ موسیقی حرکت سمجھی جا سکتی ہے۔ ایسے دو شاخے کو جب اُس کے گمک کے صندوقچہ پر چڑھا کر مرتعش کرتے ہیں (شکل ۵۵) تو اُس سے نکلنے والی آواز ایک بسیط سُرتی کی قریب ترین مثال ہے جو ہم پیش کر سکتے ہیں۔

دوسری اور مثالوں میں سُرتی خالص نہیں ہوتی۔ یعنے علی العموم موسیقی سُر مرکب ہوتے ہیں۔ اُن میں علاوہ اُس سرتی کے جس کے تعدّد ارتعاش کے لحاظ سے سُر کا امتداد قرار پاتا ہے، اور جو اساسی سرتی کہلاتی ہے دوسری سُرتیاں بھی موجود ہوتی ہیں۔ اُن کو مضاعف سرتیاں (اُوورٹون) کہتے ہیں۔ اساسی سُرتی کا تعدّد ارتعاش سب سے کم ہوتا ہے لیکن عام طور پر اُس کی حدّت بمقابل مضاعف سُرتیوں کی حدّت کے زیادہ ہوتی ہے۔

ا

(ب)

شکل ۱۲
دو موجوں کی ترکیب

اساسی سُرتی اور مضاعف سُرتیوں کے تعدّد ارتعاش کے مابین اکثر بہت سادہ عددی تعلق ہوتا ہے۔ مثلاً اگر اساسی سُرتی کے تعدّد ارتعاش کو بالفرض ۱ مانا جائے تو اِن مضاعف سُرتیوں کے ارتعاشی تعدّد بعض صورتوں میں ۲، ۳، ۴ وغیرہ ہونگے۔ ساتویں باب کے مطالعہ سے معلوم ہوگا کہ جب آواز ایک تنے ہوئے تار سے برآمد ہوتی ہے اِن مضاعف سُرتیوں (یعنے اُوورٹونون) کی تعداد اور اُن کے ارتعاش کی حدّت اِس امر پر موقوف ہوتی ہے کہ تار کو کس مقام پر مضراب (یا کمان) سے چھیڑ کر مرتعش کیا جاتا ہے۔ اور آٹھویں باب کے ملاحظہ سے معلوم ہوگا کہ ارگن نلی جب سُر کا مبداء ہوتی ہے تو "بند" نلی کے اُوورٹون "کھلی" نلی کے اُوورٹوں سے نوعیّت میں جُداگانہ ہوتے ہیں۔

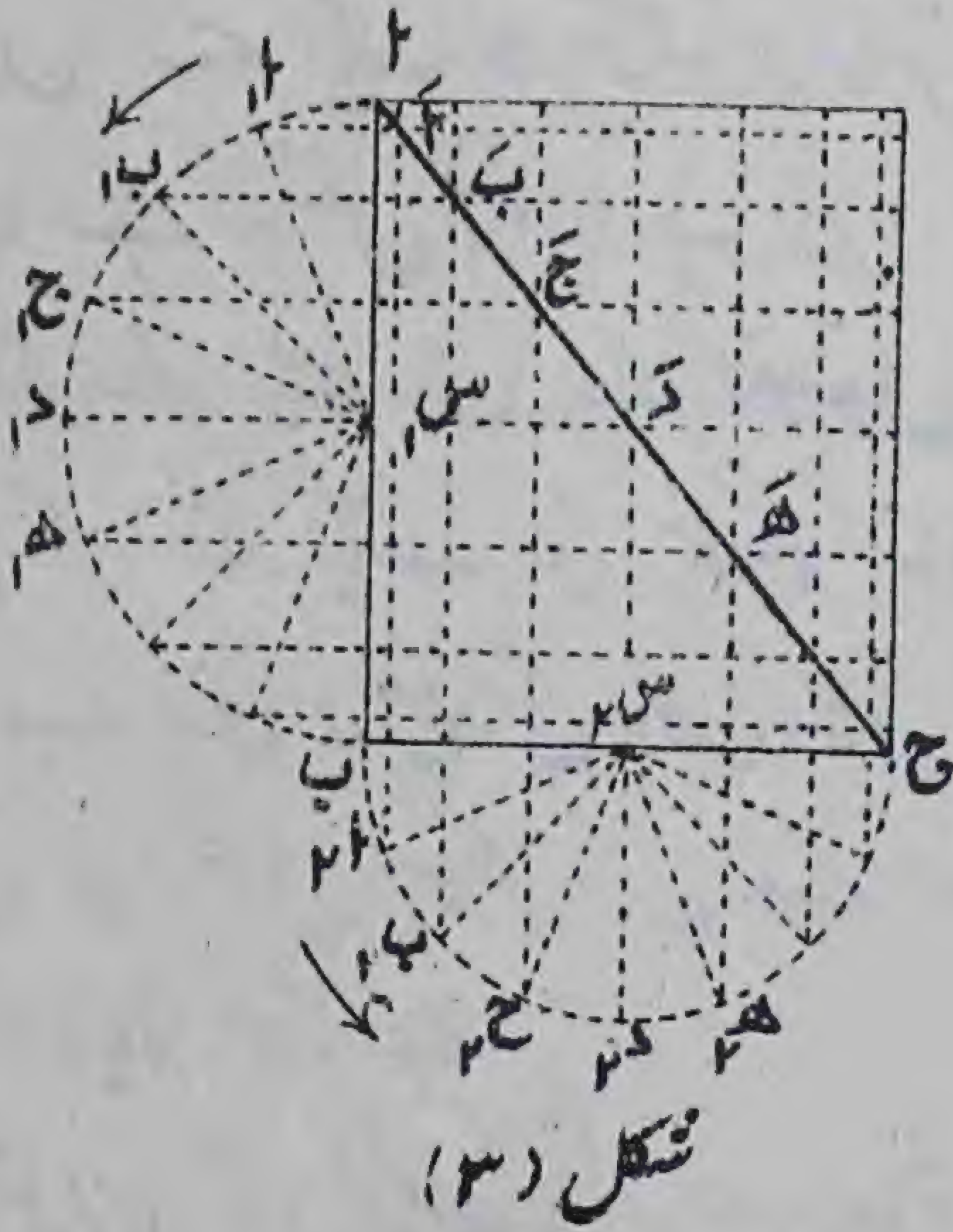
ایسے مبداؤں سے آنے والی (آواز کی) پیچیدہ موجین جب ہمارے کانوں میں داخل ہوتی ہیں تو کان بطور خود (گویا ہماری اطلاع بغیر) ان کی تحلیل کرکے ان کے اجزاء ترکیبی کو علٰحدہ کرتا ہے۔ تحلیل کے بعد جب یہ اُوورٹوں علٰحدہ علٰحدہ محسوس ہوتے ہیں تو سُروں کی "کیفیت" کا امتیاز ہوتا ہے اور ہم تجربہ سے پہچان لیتے ہیں کہ فلاں سُر کا مبداء فلاں موسیقی باجہ یا آلہ ہے۔

شکل (۱۲) الف۔ انتقالی فاصلہ اور وقت کی ترسیموں

کی مدد سے دو جداگانہ، سادہ موسیقی موجیں کھینچی گئی ہیں۔ ان میں سے ایک کا تعدّد ارتعاش دوسرے کے تعدّد کا دو چند ہے۔ شکل (۱۲) ب میں ان دونوں موجوں کو مرکب کرکے یعنے ان کے معینوں کے طول کو جبری طور پر جمع کر کے ایک نئی موج بنائی گئی ہے۔ جب شکل ب والی وضع کی موج کان میں داخل ہوتی ہے تو اس کی تحلیل ہوکر اُس کے دونوں ترکیبی جزو کا ہمیں امتیاز ہوتا ہے

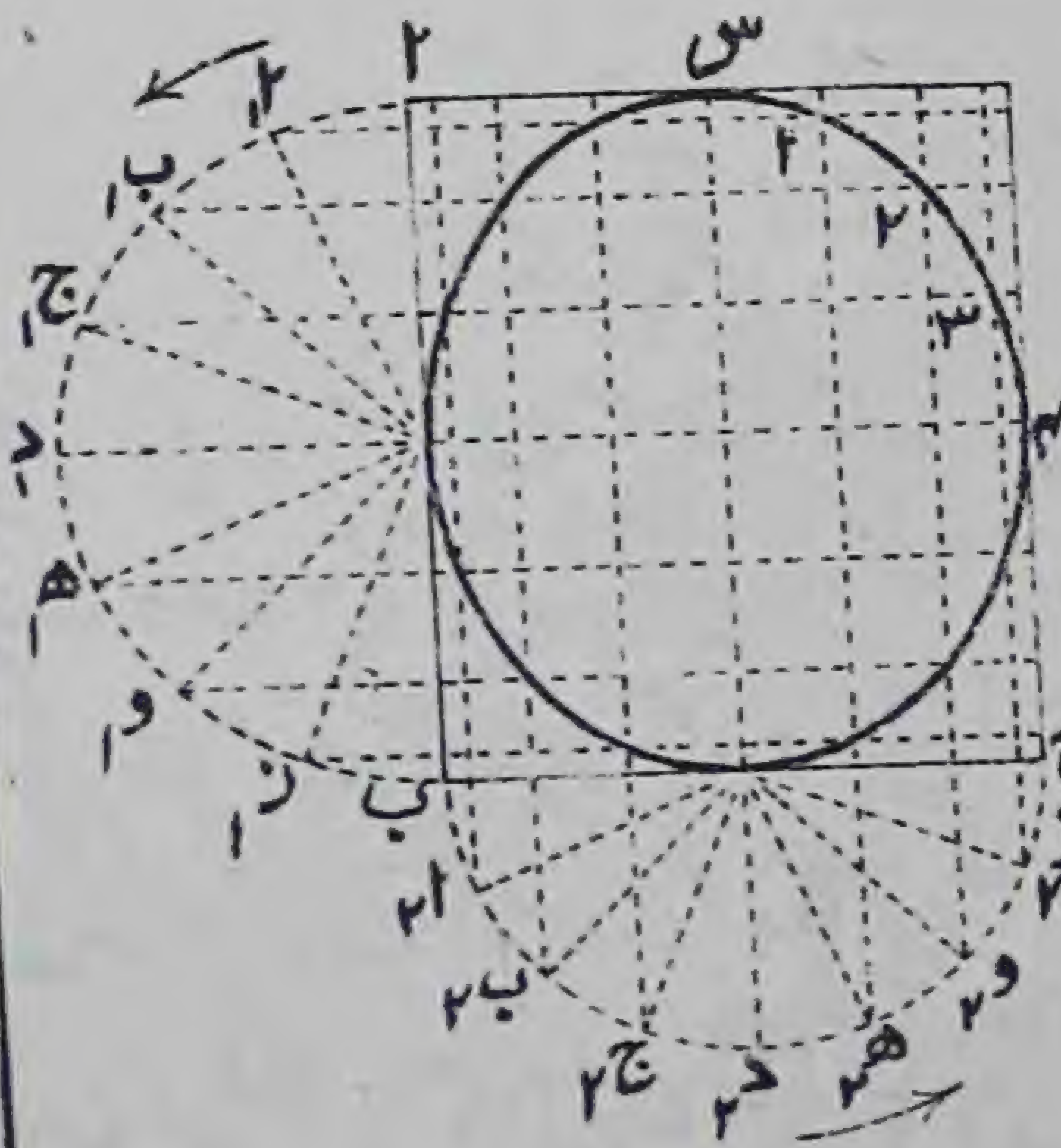
ارتعاشوں کی ترکیب۔ دو ارتعاشوں کی ترکیب کے متعلق اوپر جو مثال دی گئی تھی اُس میں ارتعاشوں کی سمت ایک ہی فرض کی گئی تھی۔ ان کا حاصل ایک پیچیدہ ارتعاش ہے لیکن اُس کی سمت اُس کے اجزائے ترکیبی ہی کی سمت ہے۔ اگر کوئی جسم دو سادہ موسیقی حرکتیں رکھتا ہے، جن کی سمتیں ایک دوسرے پر عمودی واقع ہیں، تو اُن کی حاصل مجموعی حرکت ایک آسان ترسیمی طریقہ سے یوں دریافت ہوسکتی ہے:۔

فرض کرو ایک ارتعاشی حرکت کی سمت ا ب ہے، اور دوسرے کی ب ج (دیکھو شکل ۱۳) دونوں کے تعدّد ارتعاش مساوی ہیں۔ اگر دونوں ارتعاشوں کی ہئیت ایک ہی مانی جائے، تو دونوں کے لئے انتہائی وضعوں اور وسطی وضعوں سے گزرنے کے اوقات ایک ہی

ہونگے - فرض کرو جسم مقام ۱ سے حرکت شروع کرتا ہے۔
اب اور ب‌ج پر نصف دائرے بنا کر اُن کے محیطوں کو مساوی حصوں ۱ ۱، ۱ ب، وغیرہ اور ب ا، ا ب وغیرہ میں تقسیم کرو۔ پہلے ارتعاش

شکل (۳)

ہم تعدّد ارتعاشین عمودی سمتوں میں اور ایک ہئیت کی کی وجہ سے جسم کا جو مقام ہوگا س ۱ کے ظل سے اُس کا پتہ چلتا ہے - دوسرے ارتعاش کی وجہ سے جو مقام ہوگا س ۱ کے ظل سے دریافت ہوتا ہے - پس اُس کا حقیقی مقام ۱ ہوگا - دوسرے وقفہ کے بعد اُس کا مقام ب ہوگا، اس کے بعد بالترتیب ج، د، ھ، وغیرہ - فی الواقع اُس کا مسیر وتر ا‌ج ہوگا - ارتعاش کے دوسرے نصف حصّہ میں جسم ج سے ا تک واپس جائیگا - پس ظاہر ہے کہ اِن دو ارتعاشوں کا حاصل ایک سادہ موسیقی حرکت ہے جو وتر ا‌ج پر عمل میں آتی ہے -

جب ارتعاش کے اجزائے ترکیبی ایک ہئیت میں نہیں

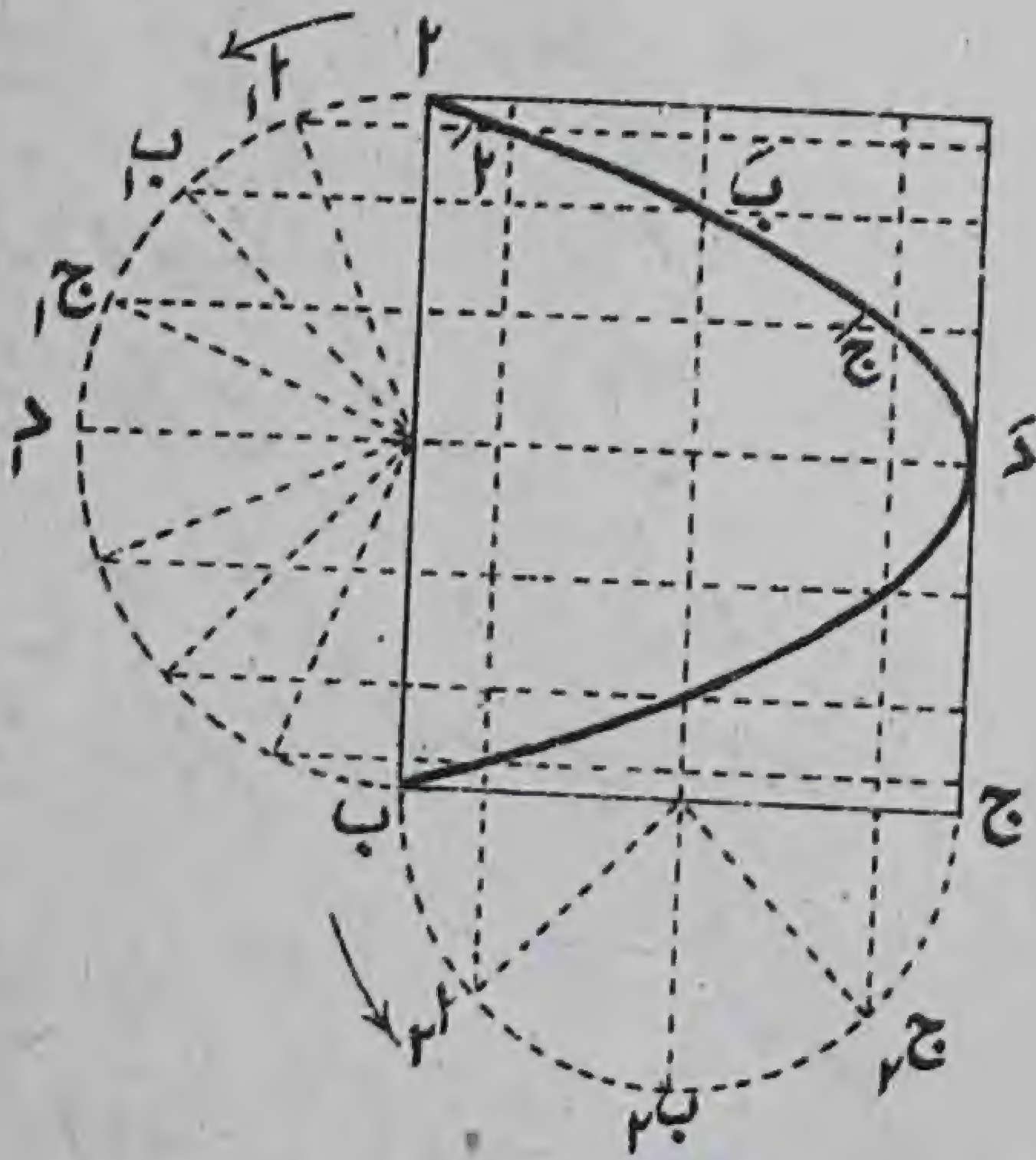
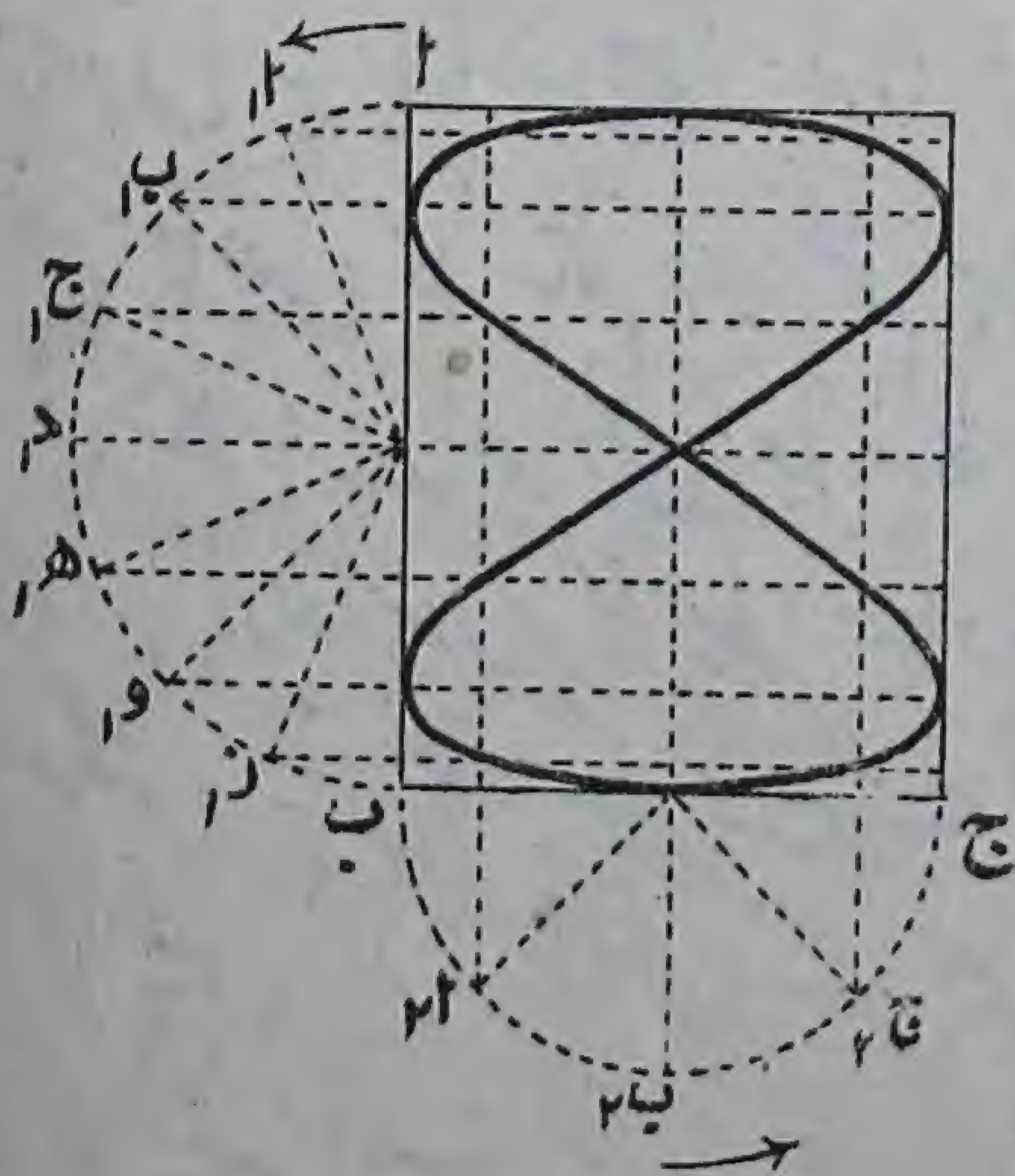
ہوتے ہیں اُن کے حاصل ارتعاش کا مسیر شکل ناقص ہوتا ہے - فرض کرو مرتعش جسم پہلے ارتعاش کے انتہائی مقام اور دوسرے کے وسطی مقام سے حرکت شروع کرتا ہے - اُس کا حقیقی مقام ۱ اور د$_{۲}$ سے معلوم ہوگا یعنے وہ مقام س پر ہوگا - دیکھو شکل ۱۴- ارتعاش کی $\frac{۱}{۱۶}$ مدّت کے بعد جسم مقام (۱) پر ہوگا جو ۱ اور ھ$_{۲}$ کے ذریعہ دریافت ہوتا ہے - اس کے بعد وہ

شکل ۱۴

بالترتیب ۲، ۳، ۴، وغیرہ مقاموں پر پایا جائیگا - ارتعاش کی پوری مدت میں شکل ناقص کا سالم دَور ختم ہو جائیگا -

(د) ہم تعدد ارتعاشیں عمودی سمتوں میں جنکی ہیئتوں میں $\frac{\pi}{۲}$ کا اختلاف ہے

شکل پر نظر ڈالی جائے تو معلوم ہوگا کہ جب دونوں ارتعاشوں کا حیطہ مساوی ہوتا ہے (یعنے ۱ب = ب ج) تو مرتعش جسم کا مسیر دائیرے کی شکل اختیار کرلیتا ہے -

پس اگر ارتعاش کے اجزائے ترکیبی کی ہیئت ایک ہو تو مسیر ایک خط مستقیم ہوتا ہے، لیکن اگر اُن کی ہیئتوں میں پاؤ ارتعاش کا اختلاف (یعنے $\frac{\pi}{۲}$) ہو تو مسیر یا قطع زائد کی شکل میں ہوتا ہے یا دائرے کی -

دہاگے سے ایک وزن دار شے کو لٹکا کر، بسیط رقاص، اگر بنایا جائے اُسکے ذریعہ سے امور مصرحہ بالا کی توضیح ہو سکتی ہے۔ جب وہ ایک انتصابی سطح مستوی میں اہتزاز کی حالت میں ہو اسکو اس سطح کی عمودی سمت میں ایک دھکا دیا جائے ٹھیک اُسوقت جبکہ وہ اپنے اہتزار کے وسطی مقام میں سے گزرے، رقاص، جیسا کہ شکل (۱۳) میں بتایا گیا ہے، اہتزاز کی سمت بدلکر، ایک دوسرے خط پر اہتزاز کریگا۔ اگر اسکو اسوقت دھکا دیا جائے جبکہ وہ اپنے اہتزاز کے ایک انتہائی مقام پر پہونچا ہو، تو اُس کے مسیر کی شکل یا شکل ناقص میں بدل جائے گی یا دائرے میں اگر ارتعاش کے اجزائے ترکیبی میں سے ایک کا تعدد دوسرے کا دوچند ہو تو پیشتر کی مثالوں کی طرح

شکل (۱۵) دو عمودی ارتعاشیں جنکے تعدد ارتعاش کو آپس میں ۱ اور ۲ کی نسبت ہے

شکل (۱۶)

ان کا حاصل بھی دریافت ہو سکتا ہے۔ پندرھویں اور سولھویں شکلوں کے معائنہ سے معلوم ہوگا کہ ایسے مرتعش جسم کے مسیر کی شکل کیا ہوتی ہے۔ شکل (۱۵) میں اجزائے ترکیبی کی اضافی ہیئتیں ایسی واقع ہوئی ہیں کہ مُسیر قطع مکانی ا آ ب ج د ب کی صورت اختیار کرتا ہے اور شکل (۱۶) میں ہئیتوں کا اختلاف ایسا ہے کہ مُسیر انگریزی ہندسہ آٹھ (8) کی شکل پر آجاتا ہے اگر ارتعاش کی اضافی ہئیتیں ان دونوں صورتوں سے جُداگانہ ہوں تو مسیر کی شکلیں شکل ۱۵ اور ۱۶ کے "مابین" لیکن دونوں سے مختلف ہونگی [ہئیت کے ان درمیانی اختلافوں سے جو شکلیں پیدا ہوتی ہیں، متذکرہ بالا ترسیمی طریقہ کی مدد سے باآسانی کھینچی جا سکتی ہیں۔ مترجم] اگر تعدّدوں میں نسبت ٹھیک ۲:۱ نہ ہو تو مرکب ارتعاش کا مُسیر بتدریج یکے بعد دیگرے یہ تمام شکلیں اختیار کریگا۔ مرکب ارتعاشوں کی تین سادہ ترین مثالیں، جنمیں تعدّدوں کی نسبت بالترتیب ۱:۱، ۱:۲، ۲:۳ ہے، شکل (۱۸) میں بتائی گئی ہیں۔

[تنبیہ منجانب مترجم۔ ارتعاشوں کی ترکیب کے لئے جو ترسیمی طریقہ سمجھایا گیا ہے اُس سے پیچیدہ نسبتوں کے مسائل بھی آسانی سے حل ہو سکتے ہیں۔ دونوں سادہ موسیقی ارتعاشوں کے لئے جو دائرے کھینچنے ہونگے اُن کے

محیطوں کو بالترتیب ن۱ اور ن۲ مساوی حصوں میں تقسیم کرنا ہوتا ہے۔ واضح ہو کہ ن۱ اور ن۲ دو ایسے صحیح عدد ہیں کہ ن۱/ن۲ = و۱/و۲ = د۲/د۱ یہاں (و) سے ارتعاشوں کے وقتِ دوران مراد ہے اور (د) سے اُنکی زاویئی رفتاریں۔ سادہ نسبتوں کے (مثلاً ۱:۱ یا ۲:۱ نسبتوں کے مسائل) علم مثلث کی مدد سے بھی فوراً حل ہو جاتے ہیں۔ بعض امور کے لحاظ سے، ان کو علم مثلث کے ذریعہ حَل کرنا مفید ہوتا ہے۔ اِن سے زیادہ پیچیدہ نسبتوں کے مسائل بھی اِن طریقوں سے حَل ہو سکتے ہیں لیکن عمل طول اور پیچیدہ ہو جاتا ہے۔ اس لئے انکے لئے ترسیمی طریقہ ہی زیادہ موزون ہے۔ ذیل میں ہم علمِ مثلث کے ذریعہ ۱:۱ اور ۲:۱ نسبتوں کے ارتعاشوں کی ترکیب سمجھاتے ہیں:۔

(۱) جب تعدّدوں میں نسبت ۱:۱ ہوتی ہے۔ یعنے دونوں ارتعاشوں کے لئے زاویئی رفتار ایک ہی ہوتی ہے:۔

لا = ا جب ∠ (د و + غ)

اور ما = ب جب ∠ د و

یعنے ما/ب = جب ∠ د و لہذا (۱ - ما۲/ب۲) = جم۲ ∠ د و

اور لا/ا = جب ∠ د و جم ∠ غ + جم ∠ د و جب ∠ غ

$$\therefore \frac{\text{لا}}{\text{ا}} = \frac{\text{ما}}{\text{ب}}\,\text{جم}\,\angle\text{غ} + \left(1 - \frac{\text{ما}^2}{\text{ب}^2}\right)^{\frac{1}{2}}\text{جب}\,\angle\text{غ}$$

$$\text{پس}\ \left(\frac{\text{لا}}{\text{ا}} - \frac{\text{ما}}{\text{ب}}\,\text{جم}\,\angle\text{غ}\right)^2 = \left(1 - \frac{\text{ما}^2}{\text{ب}^2}\right)\text{جب}^2\angle\text{غ}$$

$$\therefore \frac{\text{لا}^2}{\text{ا}^2} - 2\,\frac{\text{لا}}{\text{ا}}\,\frac{\text{ما}}{\text{ب}}\,\text{جم}\,\angle\text{غ} + \frac{\text{ما}^2}{\text{ب}^2}\,\text{جم}^2\angle\text{غ} = \text{جب}^2\angle\text{غ} - \frac{\text{ما}^2}{\text{ب}^2}\,\text{جب}^2\angle\text{غ}$$

$$\text{یعنے}\ \frac{\text{لا}^2}{\text{ا}^2} - 2\,\frac{\text{لا}}{\text{ا}}\,\frac{\text{ما}}{\text{ب}}\,\text{جم}\,\angle\text{غ} + \frac{\text{ما}^2}{\text{ب}^2} = \text{جب}^2\angle\text{غ}$$

$$(\text{اس لئے کہ}\ \text{جم}^2\angle\text{غ} + \text{جب}^2\angle\text{غ} = 1)$$

$$\therefore \text{ب}^2\,\text{لا}^2 - 2\,\text{اب}\,\text{لا}\,\text{ما}\,\text{جم}\,\angle\text{غ} + \text{ا}^2\,\text{ما}^2 = \text{ا}^2\,\text{ب}^2\,\text{جب}^2\angle\text{غ}$$

یہ ایک قطع ناقص کی مساوات ہے جس کے محور، محدّد محوروں کے ساتھ مائل ہوتے ہیں۔

اگر $\angle$غ $= 0$ ہو تو $\text{ب}^2\,\text{لا}^2 - 2\,\text{اب}\,\text{لا}\,\text{ما} + \text{ا}^2\,\text{ما}^2 = 0$

یعنے $(\text{ب}\,\text{لا} - \text{ا}\,\text{ما})^2 = 0$

اور یہ مساوات ہے دو منطبق خطوطِ مستقیم کی جو (شکل ۱۳ میں) ب ذ سے گزرتے ہیں۔

اگر $\angle$غ $= \pi$ ہو تو $(\text{ب}\,\text{لا} + \text{ا}\,\text{ما})^2 = 0$

جو شکل ۱۳ کے خطوط مستقیم اج اور ج ا کی مساوات ہے۔

اگر $\angle$غ $= \frac{\pi}{2}$ یا $\frac{3\pi}{2}$ ہو تو $\text{ب}^2\,\text{لا}^2 + \text{ا}^2\,\text{ما}^2 = \text{ا}^2\,\text{ب}^2$

$$\text{یعنے}\ \frac{\text{لا}^2}{\text{ا}^2} + \frac{\text{ما}^2}{\text{ب}^2} = 1$$

جو مساوات ہے ایک قطع ناقص کی جس کے نصف محور ا اور ب، لا اور ما کے محوروں پر واقع ہوتے ہیں۔ دیکھو شکل (۱۴)

(۲) جب تعددوں میں نسبت ۲:۱ ہوتی ہے، یعنی ایک ارتعاش کی زاویئی رفتار دوسرے کی دو چند ہوتی ہے:

$$\text{لا} = \text{ا جب}\,(۲\,\text{ع و} + \text{غ})$$

$$\text{ما} = \text{ب جب ع و}$$

یعنی $\frac{\text{لا}}{\text{ا}} = \text{جب ۲ع و جم غ} + \text{جم ۲ع و جب غ}$

$\frac{\text{ما}}{\text{ب}} = \text{جب ع و}$ اور $\left(۱ - \frac{\text{ما}^{۲}}{\text{ب}^{۲}}\right) = \text{جم}^{۲}\,\text{ع و}$

معہذا $\text{جب ۲ع و} = ۲\,\text{جب ع و جم ع و}$ اور $\text{جم ۲ع و} = ۱ - ۲\,\text{جب}^{۲}\,\text{ع و}$

پس $\frac{\text{لا}}{\text{ا}} = ۲\frac{\text{ما}}{\text{ب}}\left(۱ - \frac{\text{ما}^{۲}}{\text{ب}^{۲}}\right)^{\frac{۱}{۲}}\text{جم غ} + \left(۱ - ۲\frac{\text{ما}^{۲}}{\text{ب}^{۲}}\right)\text{جب غ}$

$$\therefore \left\{\frac{\text{لا}}{\text{ا}} - \left(۱ - ۲\frac{\text{ما}^{۲}}{\text{ب}^{۲}}\right)\text{جب غ}\right\}^{۲} = ۴\frac{\text{ما}^{۲}}{\text{ب}^{۲}}\left(۱ - \frac{\text{ما}^{۲}}{\text{ب}^{۲}}\right)\text{جم}^{۲}\,\text{غ}$$

$$\frac{\text{لا}^{۲}}{\text{ا}^{۲}} - ۲\frac{\text{لا}}{\text{ا}}\left(۱ - ۲\frac{\text{ما}^{۲}}{\text{ب}^{۲}}\right)\text{جب غ} + \left(۱ - ۴\frac{\text{ما}^{۲}}{\text{ب}^{۲}} + ۴\frac{\text{ما}^{۴}}{\text{ب}^{۴}}\right)\text{جب}^{۲}\,\text{غ} = ۴\frac{\text{ما}^{۲}}{\text{ب}^{۲}}\text{جم}^{۲}\,\text{غ} - ۴\frac{\text{ما}^{۴}}{\text{ب}^{۴}}\text{جم}^{۲}\,\text{غ}$$

$$\therefore \left(\frac{\text{لا}^{۲}}{\text{ا}^{۲}} - ۲\frac{\text{لا}}{\text{ا}}\text{جب غ} + \text{جب}^{۲}\,\text{غ}\right) + ۴\frac{\text{ما}^{۴}}{\text{ب}^{۴}}\left(\text{جب}^{۲}\,\text{غ} + \text{جم}^{۲}\,\text{غ}\right) + ۴\frac{\text{لا}}{\text{ا}}\frac{\text{ما}^{۲}}{\text{ب}^{۲}}\text{جب غ} - ۴\frac{\text{ما}^{۲}}{\text{ب}^{۲}}\left(\text{جب}^{۲}\,\text{غ} + \text{جم}^{۲}\,\text{غ}\right) = ۰$$

یعنی $\left(\frac{\text{لا}}{\text{ا}} - \text{جب غ}\right)^{۲} + ۴\frac{\text{ما}^{۲}}{\text{ب}^{۲}}\left(\frac{\text{ما}^{۲}}{\text{ب}^{۲}} + \frac{\text{لا}}{\text{ا}}\text{جب غ} - ۱\right) = ۰$

اگر $\text{غ} = ۰$ ہو تو $۴\frac{\text{ما}^{۲}}{\text{ب}^{۲}}\left(\frac{\text{ما}^{۲}}{\text{ب}^{۲}} - ۱\right) + \frac{\text{لا}^{۲}}{\text{ا}^{۲}} = ۰$

یہ مساوات ہے شکل (۱۶) کے مسیر کی (جو انگریزی ہندسہ 8 کے مشابہ ہے)

اگر $\angle \text{غ} = \pi$ ہو تو بھی یہی مساوات حاصل ہوتی ہے۔

اور اگر $\angle \text{غ} = \frac{\pi}{۲}$ ہو تو $۴\,\frac{\text{ما}^۲}{\text{ب}^۲}\left\{\frac{\text{ما}^۲}{\text{ب}^۲} + \left(\frac{\text{لا}}{۲} - ۱\right)\right\} - \left(\frac{\text{لا}}{۲} - ۱\right)^۲ = ۰$

یعنی $\left(\frac{۲\,\text{ما}^۲}{\text{ب}^۲} + \frac{\text{لا}}{۲} - ۱\right)^۲ = ۰$

جو مساوات ہے دو منطبق مکافی قطعات کی۔ دیکھو شکل (۱۵)

اگر $\angle \text{غ} = \frac{۳\pi}{۲}$ ہو تو $۴\,\frac{\text{ما}^۲}{\text{ب}^۲}\left\{\frac{\text{ما}^۲}{\text{ب}^۲} - \left(\frac{\text{لا}}{۲} + ۱\right)\right\} + \left(\frac{\text{لا}}{۲} + ۱\right)^۲ = ۰$

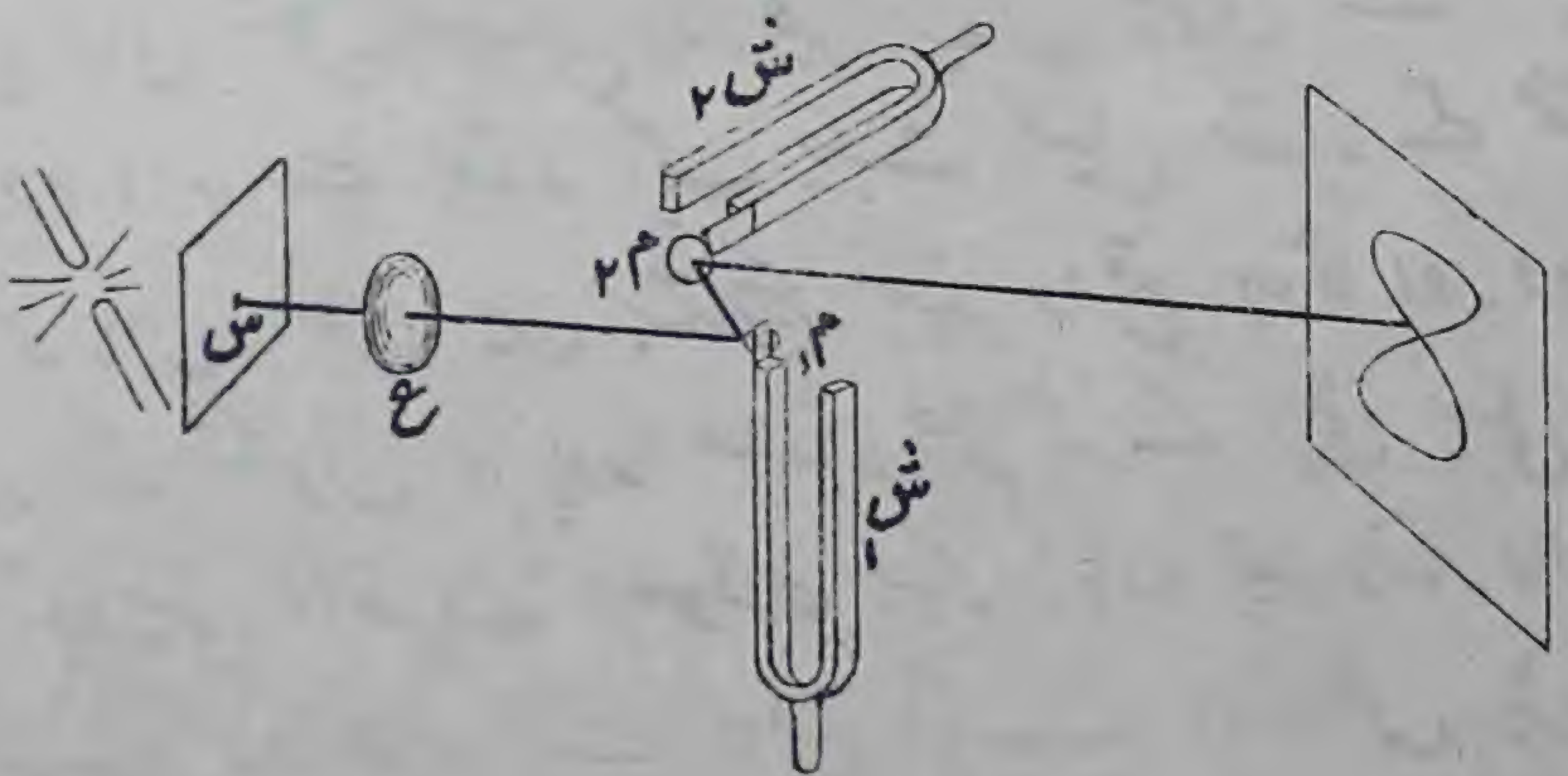
یعنی $\left\{\frac{۲\,\text{ما}^۲}{\text{ب}^۲} - \left(\frac{\text{لا}}{۲} + ۱\right)\right\}^۲ = ۰$

یہ بھی دو منطبق مکافی قطعات کی مساوات ہے لیکن ان کا رُخ اوپر والے مکافیوں کی مخالف سمت میں ہوگا۔

واضح ہو کہ کتاب کی شکل (۱۸) میں صفر تفاوتِ ہئیت کے تحت، ۲:۱ نسبت کے مُسیر کی شکل، پندرھویں شکل کی سی بتائی گئی ہے نہ کہ سولھویں شکل کی سی۔ چونکہ ارتعاشون کی رفتاریں جدا ہیں اس لئے تفاوت ہئیت کا لفظ کسیقدر مبہم ہے۔ ہئیت کا تفاوت ناپتے وقت یہ دیکھ لینا چاہئے کہ ارتعاشون کے اجزائے ترکیبی کی ہئتیں خود کیا ہوتی ہیں۔ تحلیلی طریقہ سے مُسیر کی شکل دریافت کرنے اجزائے ترکیبی کی ہئتین اس انداز سے تجویز کی گئیں کہ دونوں ارتعاشوں کا آغاز اُن کے سکون کے موقعوں سے ہوتا ہے۔ شکل (۱۸) میں ایسا نہیں کیا

گیا ہے -]
لسیجو کی شکلیں - دو سُر پیدا کرنے کے دو شاخون کے ذریعہ
سے ان مرکب ارتعاشون کی شکلین دکھائی جا سکتی ہیں -
اگر ان کی ایک ایک شاخ کے سرے پر چھوٹا آئینہ لگا دیا
جاے اور روشنی کی متوازی شعاعون کی پنسل پہلے ایک
دو شاخہ کے آئینہ سے منعکس ہو کر پھر دوسرے دو شاخہ
کے آئینہ سے منعکس ہو تو پنسل کی حاصل مجموعی حرکت
ان مرکب ارتعاشون کی سی ہوگی - لیکن آئینون کو راست
دو شاخون پر لگانے سے پنسل کا پھیر بہت چھوٹے پیمانے
پر دکھائی دیگا اسکے بجائے، اگر شکل (۱۷) م اور مہ کی طرح، یہ
چھوٹے آئینے (جو متحرک لچھّے والے برقی رَو پیما کے آئینے
کے سے ہوں تو بہت مناسب ہوگا) ابرق کی ایک ایک
پتلی پٹّی کے سرے پر جوڑ دیئے جائیں اور پٹّیوں کے
دوسرے سرے دو شاخون کی ایک ایک شاخ سے باندھ
دیئے جائیں تو منعکس پنسل کے اہتزاز کا حیطہ کافی بڑا
ہو سکتا ہے اور مرکب ارتعاشون کی شکلیں بڑے پیمانہ
پر بنا کر ایک پردے پر اُتاری جا سکتی ہیں - چند ہی
ارتعاشوں کے بعد آئینہ کی حرکت دو شاخہ کی حرکت کی
صحیح، اور بڑے پیمانہ پر، نقل ہوگی - ایک دوسرے
پردے کے بیچ میں ایک باریک سوراخ (س)
کرکے پردے کے پیچھے نور کا ایک طاقت دار مبداء رکھا جائے

اور عدسہ (ع) ایسے مقام پر رکھا جائے کہ (س) کا ایک واضح اور ممتاز الحدود خیال پہلے پردہ پر بنے۔ شعاعوں کے راستہ میں آئینہ م۱ کو (دو شاخہ ش۱ سمیت) کھڑا کرکے روشنی کو آئینہ م۲ پر (جو قریب کے دو شاخہ ش۲ کے ساتھ افقی مستوی میں ارتعاش کریگا) منعکس کیا جائے۔ یہاں سے شعاعیں پلٹ کر پہلے پردے پر جمع ہو جائینگی۔ اگر دو شاخہ ش۱ اکیلا مرتعش ہوگا پردے پر نور کا نشان انتصابی حرکت کریگا

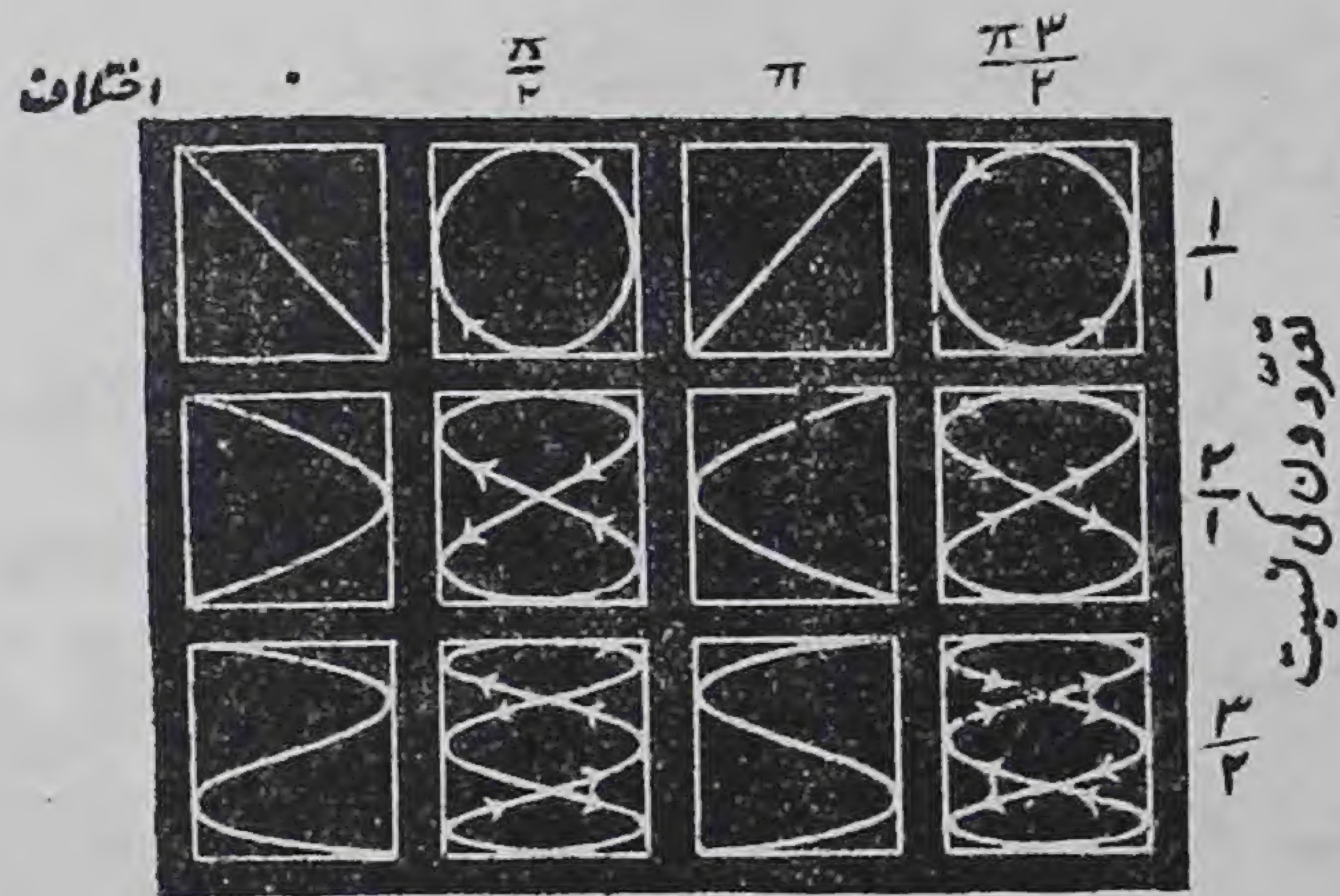
شکل (۱۷)

لیسجو کی شکلیں پیدا کرنے کے آلات

اور اس لئے پردے پر ایک منوّر انتصابی خط مستقیم دکھائی دیگا۔ اگر دو شاخہ ش۲ اکیلا ارتعاش کرے تو پردے پر ایک روشن افقی خط مستقیم بنیگا۔ جب دونوں دو شاخے ایک ساتھ

مرتعش ہونگے پردے پر جو شکل بنیگی دو شاخوں کے تعدّدوں اور اُن کی ہیئتوں کے تابع ہوگی۔ ایسی شکلیں "لیسجو" کی شکلیں کہلاتی ہیں۔ اِن کے ذریعہ سے ہم نہایت صحت کے ساتھ دو شاخوں کے تعدّدوں کی نسبت دریافت کرسکتے ہیں جبکہ یہ نسبت چھوٹے اور صحیح عددوں پر مشتمل ہوتی ہے۔

چنانچہ جب تعدّدوں میں نسبت ۱:۱ ہوتی ہے پردہ پر لیسجو والی جو شکل بنے گی شکل (۱۳) یا شکل (۱۸) کی پہلی قطار کی سی ہوگی۔ جب نسبت پوری ۱:۱ ہوتی ہے تو لیسجو والی شکل مستقل اور غیر متبدل ہوتی ہے، لیکن اگر وہ ۱:۱ سے بقدر ایک بہت قلیل مقدار کے مختلف ہو تو اِس شکل میں بتدریج تغیّر واقع ہوگا اور وہ پہلی قطار کے شکلوں کا پورا سلسلہ ختم کرکے اپنی پہلی شکل پر آجائیگی، ٹھیک اسوقت جبکہ زیادہ تیز رفتار والا دو شاخہ دوسرے دو شاخہ سے کامل ایک ارتعاش بڑھ کر انجام دیگا۔

فرض کرو اگر دو شاخہ کا تعدّد ارتعاش ۲۵۶ ہے اور لیسجو والی شکل کے تغیّر کا دَور ۱۰ ثانیہ میں پورا ہوتا ہے، تو اِس مدت میں اِس دو شاخہ کے ۲۵۶۰ ارتعاش ہوتے ہیں اور دوسرے کے ۲۵۵۹ یا ۲۵۶۱۔ ان دو عددوں میں سے کونسا عدد صحیح ہے دریافت کرنے کیلئے

یہ دیکھنا چاہئے کہ شکل میں تغیّر، سلسلہ کی کس سمت میں پایا جاتا ہے تاکہ یہ معلوم ہو کہ کس دو شاخہ کی ہئیت میں اضافی زیادتی ہوتی ہے، یا ایک دو شاخہ

شکل (۱۸)
لسیجو والی شکلیں

کے سرے پر موم سے ذرا سا وزن جما کر (تاکہ اُس کے اہتزاز کی رفتار ذرا دھیمی ہو جائے) شکل کے تغیّر پر اِس کا کیا اثر پڑتا ہے ملاحظہ کیا جائے۔ شکل (۱۸) میں علاوہ ۱:۱ تعدّدوں کی نسبت کے ۲:۱ اور ۳:۲ نسبتوں کی شکلیں بھی بتائی گئی ہیں۔

دوسرے باب کی مشقیں

(۱)۔ شور اور موسیقی سُر میں کیا فرق ہے؟

"گائن" پر مفصل بیان لکھو اور بتاؤ اُس سے کسی سُر کے تعدّد کی تعیین کس طرح کرو گے۔

(۲)۔ تفصیل کے ساتھ کوئی ایسا طریقہ بیان کرو جس سے ایک دو شاخہ کا تعدّد، اُس کے ساتھ ایک "گائن" کو ہمسُر کر کے، دریافت کیا جائے۔

(۳) ثابت کرو کہ مرتعش جسم کی توانائی بالحرکت، حیطہ ارتعاش کے مربع کے ساتھ متناسب ہے۔

(۴)۔ دو سادہ موسیقی حرکتیں ایک سمت میں واقع ہیں، ان کی ترکیب کے متعلق مفصل بیان لکھو۔ اگر ان حرکتوں کی سمتیں باہمدیگر عمودی واقع ہوں تو اُن کی ترکیب کا کیا طریقہ ہے بیان کرو۔

(۵) 'لسیجو' والی شکلوں سے کیا مراد ہے؟ اُن کی مدد سے دو، دو شاخوں کے تعدّدوں کا کیونکر مقابلہ کیا جا سکتا ہے؟

(۶) "گائن" کے ذریعہ سُر پیدا کر کے کسی دو شاخہ کا تعدّد ارتعاش کیسے دریافت کیا جا سکتا ہے، تفصیل کے ساتھ بیان کرو۔ جواب کی صحّت معلوم کرنے کے لئے کوئی طریقہ تجویز کرو۔

ایک "گائن" کی مدوّر تختی پر ۲۰۰ سوراخوں کی قطار بنی ہے اور جب وہ فی دقیقہ ۱۳۲ چکر لگاتی ہے تو اُس کا سُر ایک دیئے ہوئے سُر پیدا کرنے کے

دو شاخہ سے ایک سرگم گھٹا ہوا ہوتا ہے۔ بتاؤ
دو شاخہ کا تعدّد ارتعاش کیا ہے۔ [ل۔ی۔]
(۷) ثابت کرو کہ جب کوئی جسم ایک ہی وقت میں دو
سادہ موسیقی حرکتیں، جن کی سمتیں ایک دوسرے
پر عمود وار واقع ہوں، اختیار کرتا ہے، تو اُس
کے مسیر کی شکل قطع ناقص کی سی ہوسکتی ہے،
جو بعض حالتوں میں دائرے کی صورت میں
بدل جاتی ہے۔ [ل۔ی۔]
(۸) دو، دو شاخوں سے، جن کے تعدّدوں کی نسبت
تقریباً ۲:۱ ہے، "لیسجو" کی شکلیں بنائی جاتی ہیں،
۱۵ ثانیوں میں شکل تغیّر کا دَور پورا کرتی ہے۔
اونچے امتداد کے دو شاخہ پر خفیف وزن باندھنے
سے شکل کے تغیّر کا دَور ۱۰ ثانیوں میں پورا
ہوتا ہے۔ اگر نیچے امتداد والے دو شاخہ کا
تعدّد ارتعاش ۳۰۰ ہو تو دوسرے دو شاخہ کا
تعدّد وزن باندہنے سے پہلے کیا تھا اور اُسکے
بعد کیا ہے؟
(۹) ایک جسم سادہ موسیقی حرکت کرتا ہے، حیطۂ
ارتعاش ۱٫۵ سم ہے، اور تعدّد ۸۰ فی ثانیہ۔
اگر جسم کی کمیت ۰٫۸ گرام ہو تو دریافت کرو
ارتعاش کے وسط میں اُسکی توانائی بالحرکت کیا ہوگی۔

(۱۰) موسیقی سُر کی "کیفیت" کس چیز کے تابع ہوتی ہے؟ بتاؤ اِس کی کیا وجہ ہے کہ جب ایک ہی امتداد کے دو سُر، ایک، سُر پیدا کرنے کے دوشاخ سے، اور دوسرا، ایک ارگن نلی سے نکل کر، کان میں داخل ہوتے ہیں تو ان کا فرق پہچان لیا جاتا ہے۔

تیسرا باب

موجی حرکت

آواز کا ارسال - واضح ہے کہ آواز کے احساس کے لئے کوئی "چیز" آواز دینے والے جسم سے کان تک منتقل ہوتی ہے - چونکہ ایسے جسم کی حرکت ارتعاشی ہوتی ہے اس لئے یہ قیاس کیا جاسکتا ہے کہ کسی نہ کسی قسم کی موجی حرکت اُس جسم سے باہر کی طرف منتقل ہوتی ہے - ہم تجربہ سے بتاسکتے ہیں کہ عام طور پر، آواز کی موجی حرکت ہوا کے واسطہ سے منتقل ہوتی ہے - اگر ایک ہوا بند فانوس کے اندر ایک برقی گھنٹی کو لٹکا کر فانوس میں سے بتدریج ہوا

خارج کی جائے (دیکھو شکل ۱۹) تو جوں جوں فانوس کے اندر ہوا گھٹتی جائیگی گھنٹی کی آواز میں نقاہت زیادہ محسوس ہوگی ۔ کامل سکوت کی نوبت اِس لئے نہیں آنے پاتی کہ گھنٹی کو کسی نہ کسی چیز کے سہارے لٹکانا ہوتا ہے ۔ اور موجی حرکت ایک حد تک ان سہاروں کے ذریعہ باہر کی طرف منتقل ہوجاتی ہے، خواہ یہ سہارے ربڑ کے بنے ہی ہوں ۔ تاہم اس تجربہ سے آواز میں جو قطعی گھٹاؤ پایا جاتا ہے اس سے ظاہر ہے کہ آواز پیدا کرنے والی موجی حرکتوں کے انتقال کا اصل واسطہ ہوا ہے ۔

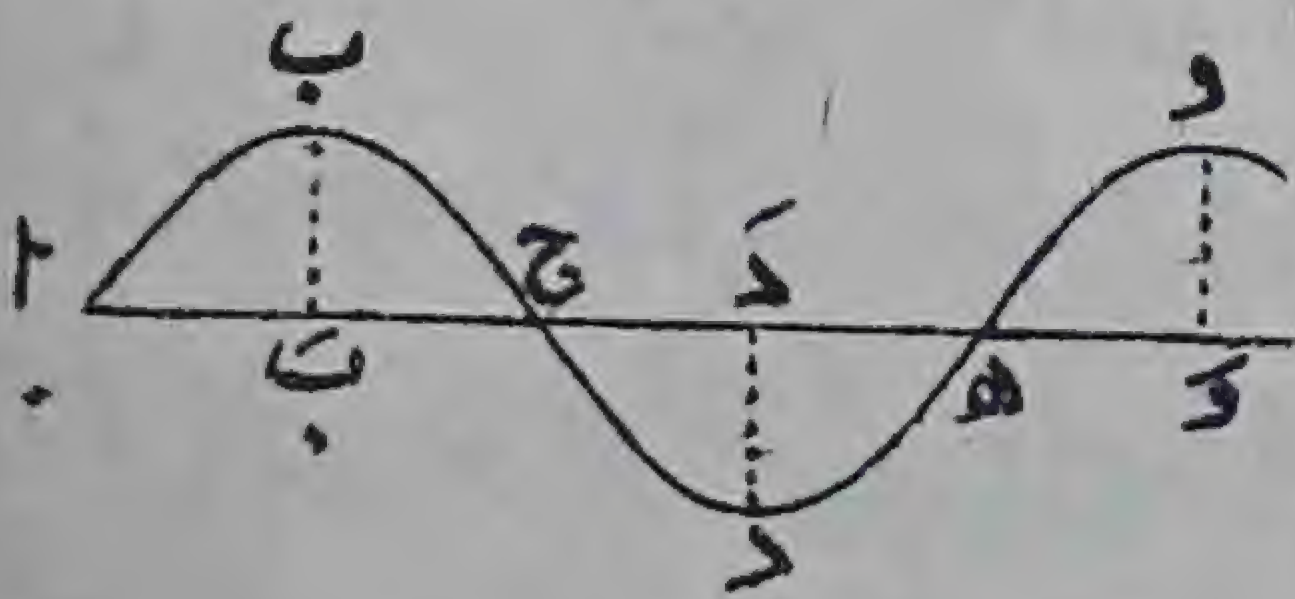
شکل (۱۹)

ہوا کے ذریعہ آواز کا انتقال ثابت کرنے کے لئے تجربہ

تمام مادّی اشیاء کے ذریعہ آواز کی موجین منتقل ہوسکتی ہیں ۔ اگر کسی لمبی میز کے ایک سرے

پر کسی چیز سے خفیف سا کھٹکھٹایا یا کھروچا جائے تو مقابل کے سرے پر کان لگانے سے آواز سنائی دیسکتی ہے، اُس صورت میں جبکہ آواز اس قدر ضعیف ہو کہ جبتک کان ہوا میں کھروچنے یا کھٹکھٹانے کے مقام سے بالکل قریب نہ لیجایا جائے آواز ذرا بھی سنائی نہ دے۔ بس اِس سے ظاہر ہے کہ آواز کی موجیں میز کی لکڑی کے واسطہ سے منتقل ہوئی ہیں۔

عرضی موجین۔ موجی حرکت دو قسم کی ہوتی ہے۔ ایک حرکت میں واسطہ کے "ذرّون" کی حرکت موج کی روانگی کی سمت پر عمود وار واقع ہوتی ہے۔ پانی کی سطح پر جو موجیں دکھائی دیتی ہیں اِن میں اسی طرح کی حرکت ہوتی ہے۔ [بشرطیکہ موجیں چھوٹی ہوں یعنے ان کا ارتفاع پانی کی عام سطح سے زیادہ نہ ہو. عام طور پر ایسی موجیں لہروں کے نام سے مشہور ہیں جب موجیں بڑی ہوتی ہیں تو پانی کے "ذرّات" کی حرکت کسیقدر پیچیدہ ہوتی ہے۔ مترجم]۔ دوسری حرکت میں واسطہ کے "ذرّے" اُسی خط پر آگے پیچھے حرکت کرتے ہیں جو موج کی روانگی کی سمت بتاتا ہے۔ پہلی موجی حرکت کو عرضی موجی حرکت کہتے ہیں اور دوسری حرکت کو طولی موجی۔ آواز کی موجیں طولی ہوتی ہیں۔ اُن کا سمجھنا مبتدیوں کے استفادہ کے لئے

اتنا آسان نہیں ہے جتنا عرضی موجوں کا۔ اِس لئے
پہلے عرضی موجی حرکت کا تذکرہ کیا جاتا ہے۔
عرض موجی حرکت سمجھانے کے لئے رسّی یا ڈوری کے
ایک سرے کو بازو کی طرف دفعتاً جنبش دی جائے۔
اس سے رسّی پر ایک موج دوڑ جائیگی۔ اگر رسّی کا تناؤ
بہت زیادہ نہ ہو۔ (یعنے اُس کو بہت کھینچکر پکڑا نہ گیا
ہو) تو یہ موج رسّی پر سے گزرتی ہوئی دکھائی دیگی۔
اگر اُس کے سرے کو باری باری سے، پہلے ایک طرف،
پھر دوسری طرف مخالف سمت میں، حرکت دیجائے،
تو رسّی پر سے موجون کا ایک
سلسلہ گزرے گا۔ اگر رسّی
کے سرے کو سادہ موسیقی
حرکت دی گئی ہو تو اِس
موج کی شکل جیب کے منحنی
کے ذریعہ بتائی جاسکتی ہے۔

شکل ۲۰
سادہ موسیقی موج کی ترسیم

رسی کے ہر ذرّے کی نقلِ
مکان بازو کی طرف ہوتی ہے
مناسب پیمانہ پر اِس نقلِ مکان کی تعبیر شکل (۲۰)
کے منحنی اب ج د ہ و سے ہوسکتی ہے۔ موج جون
جون آگے کو بڑھتی ہے رسّی کا ہر ایک ذرّہ یا ٹکڑا
ایک سادہ موسیقی حرکت انجام دیتا ہے جس کا

حیطۂ ارتعاش ب بَ یا دَ دَ کے مساوی ہے۔

پانی کی سطح پر کے موجوں کی مشابہت سے (ب) اور (و) کو اکثر موج کا اَوج یا فراز کہتے ہیں اور (ھ) کو حضیض یا نشیب۔

رسّی کے کسی بھی حصہ کی حرکت دوہرائی جاتی ہے ٹھیک اُس وقت جبکہ ا ھ کے مساوی موج کا طول اس حصہ پر سے گزرتا ہے۔ پس ا ھ کو طول موج کہتے ہیں۔ اِس لئے طول موج سے مراد، موجی حرکت کے واسطہ کے دو متواتر ہم ہئیت موقعوں کا درمیانی فاصلہ ہے۔ چنانچہ ب د = ا ھ = لہ یعنے طول موج۔

طولِ موج، تعدّد ارتعاش اور رفتار موج کا باہمی تعلق۔ جس مدت میں رسی کا سِرا ایک کامل اہتزاز پورا کرتا ہے موج رسّی پر فاصلہ لہ طے کرتی ہے۔ پس اگر ایک ثانیہ میں متحرک جسم ت بار اہتزاز کرتا ہے تو اُس کی حالت یا شکل وغیرہ میں جو "خلل" پیدا ہو وہ پورے ایک ثانیہ کے ختم پر واسطہ کا فاصلہ ت لہ طے کرے گا۔ اور اسی فاصلہ کو (ر) یعنے موج کی رفتار، رسّی پر، لکھینگے۔

∴ ر = ت لہ

یہ تعلق عام ہے۔ موج کی شکل وغیرہ کے تابع نہیں۔
موج کی رفتار = تعدّد ارتعاش × طول موج

موج کی رفتار، اور موجی حرکت کے واسطہ کے ذرّات کی رفتار۔ اِس بات کو ضرور یاد رکھنا چاہئے کہ موج کی رفتار، اور موج کے گزرنے سے، واسطہ کے ذرّوں میں جو رفتار پیدا ہوتی ہے، دو علٰحدہ چیزیں ہیں۔

چنانچہ اگر موج ا ب ج رفتار (ر) کے ساتھ آگے کو جارہی ہے، اس کے راستہ میں کوئی ایک ذرّہ مثلاً (اَ) جو کسی وسطی موقع سے گزرتا ہوا عرضی ارتعاش کریگا مختلف وقتوں میں اس کی رفتار (رَ) مختلف ہوگی۔ عرضی موجوں میں (ر) اور (رَ) کی سمتیں ایک دوسرے پر عمود وار ہوتی ہیں۔ جتنی دیر میں موج بقدر فاصلہ بَ جَ آگے کو بڑھتی ہے۔ واسطہ کا مرتعش ذرّہ فاصلہ اَ جَ طے کرتا ہے۔

اَ جَ / بَ جَ (جبکہ یہ فاصلے بہت چھوٹے ہوتے ہیں) منحنی ا ب ج کا میل یا ڈھال کہلاتا ہے۔

شکل ۲۱

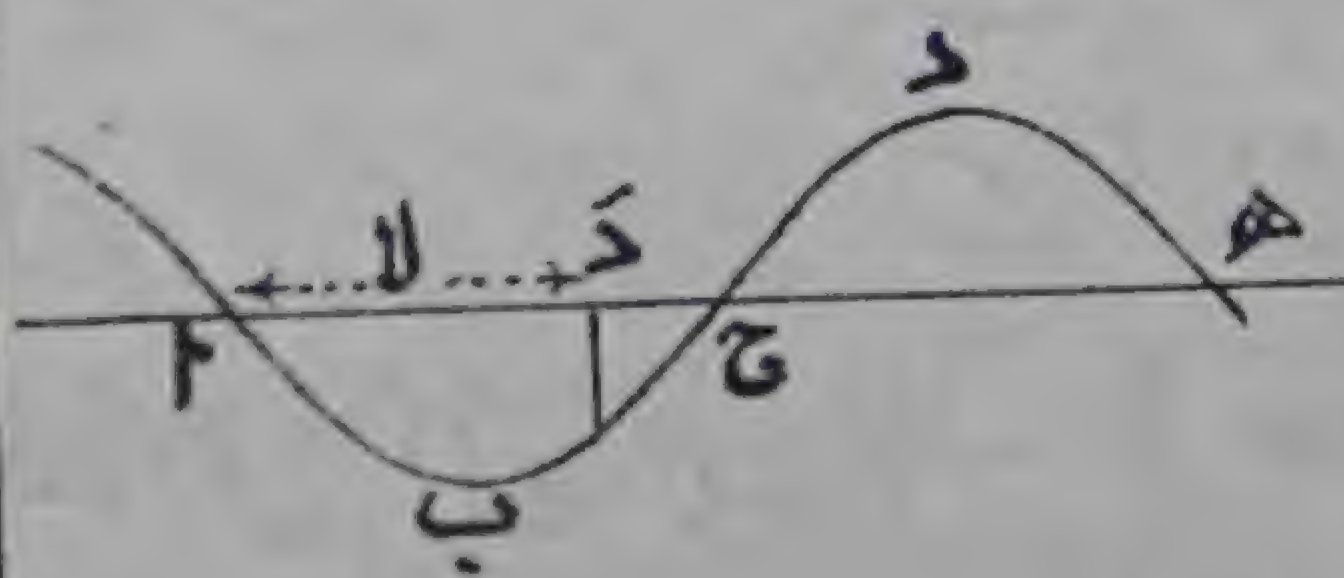
ذرّاتِ واسطہ کی رفتار معلوم کرنے کے لئے

∴ $\dfrac{\text{واسطہ کے مرتعش ذرّے کی رفتار}}{\text{موج کی رفتار}}$ = موج کے منحنی کا میل یا ڈھال

اس لئے مقام ب پر اِس وقت ذرّہ کی رفتار صفر ہے اور مقام ا یا ج پر ذرّوں کی رفتار اعظم ہے۔

سادہ موسیقی موج کی مساوات - پہلے باب میں یہ بتایا گیا تھا کہ ایک سادہ موسیقی حرکت کو مسلسل بڑھنے والے ایک زاویہ کی جَیب سے تعبیر دے سکتے ہیں۔ اور اس لئے اس کی مساوات ما = ط جب ‹ ء و ہے۔ (ء) شکل (۳) کے گردش کرنے والے سمتی کی زاویئی رفتار ہے۔ اگر ایک گردش کی مدت (وقتِ دوران) د ہے تو ء = $\frac{\text{۲}\pi}{\text{د}}$ پس سادہ موسیقی حرکت کی مساوات یوں لکھی جاسکتی ہے۔

ما = ط جب ‹ ۲π $\frac{\text{و}}{\text{د}}$

اس لئے جب کسی واسطہ میں سے ایک سادہ موسیقی موج گزرتی ہے اُسکے ہر ایک ذرّہ کی اہتزازی حرکت کی تصریح کے لئے مندرجہ بالا مساوات سے مدد لیجاسکتی ہے لیکن یہ یاد رہنا چاہئے کہ سب ذرّوں کی اہتزازی ہئیتیں ایک نہیں ہیں ورنہ موج

شکل ۲۲

موسیقی موج کا منحنی

میں روانی نہ پائی جاتی - درحقیقت ہر ذرّہ کی ہئیت میں بمقابل اس کے پیچھے کے ذرّے کی ہئیت کے کسیقدر تاخیر پائی جاتی ہے - جوں جوں ان ذرّوں کا درمیانی فاصلہ بڑھتا جاتا ہے اُن کی ہئیتون میں یہ تاخیر بھی بڑھتی جاتی ہے - شکل (۲۲) پر غور کیا جائے تو معلوم ہوگا کہ مقام (ب ا) پر جو ذرّہ واقع ہے ہئیت کے اعتبار سے (ا) پر کے ذرّے سے ہمیشہ بقدر، وقتِ دوران کے چوتھائی حصہ کے، پیچھے ہوتا ہے - ج پر کا ذرّہ ا کے ذرّے سے نصف وقت پیچھے ہوتا ہے - اسی طرح ج سے آگے کا ذرّہ ا کے ذرّے سے اس سے زیادہ مدّت پیچھے ہوگا - چنانچہ ھ کے ذرّہ کا جب ا کے ذرّہ سے مقابلہ کیا جاتا ہے تو ھ کی ہئیت میں ایک کامل وقتِ دوران (۲ π) کی تاخیر پائی جاتی ہے - چونکہ ایک کامل دَور کے بعد اہتزازی حرکت دوہرائی جاتی ہے اس لئے یہ کہا جاتا ہے کہ ھ کا ذرّہ ا کے ذرّے کے ساتھ ہم ہئیت ہے - پس ب، ج اور د کے ذرّوں کی حرکت کے لئے بالترتیب ذیل کی مساواتیں صادق آتی ہیں :- $\text{ما} = \text{ط جب}\left(2\pi \frac{\text{ت}}{\text{د}} - \frac{\pi}{2}\right)$، $\text{ما} = \text{ط جب}\left(2\pi \frac{\text{ت}}{\text{د}} - \pi\right)$ اور $\text{ما} = \text{طجب}\left(2\pi \frac{\text{ت}}{\text{د}} - \frac{3\pi}{2}\right)$ اور ھ کے ذرّے کے لئے، $\text{ما} = \text{طجب}\left(2\pi \frac{\text{ت}}{\text{د}} - \pi\right) =$ $= \text{ط جب}\left(2\pi \frac{\text{ت}}{\text{د}}\right)$ -

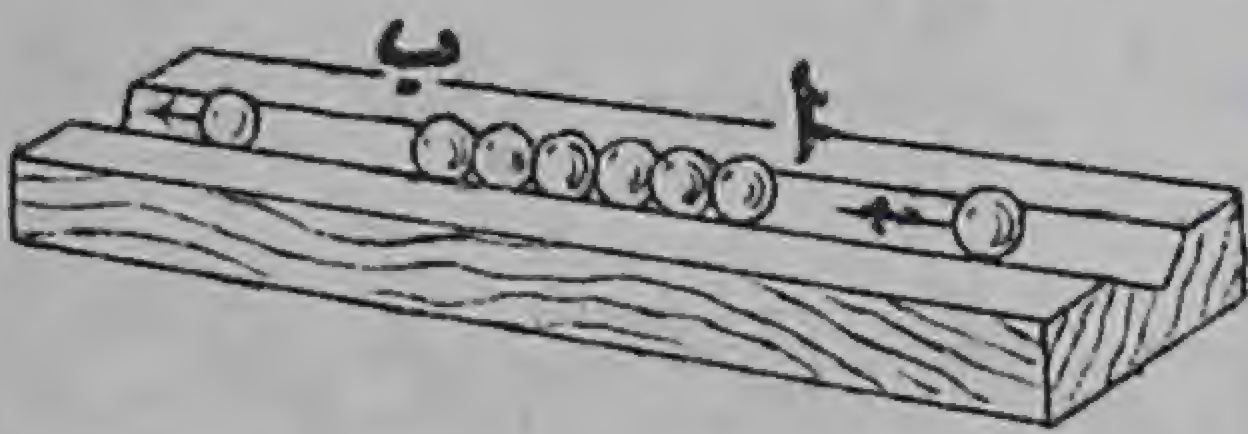
ا سے ھ تک فاصلہ کامل طول موج (لہ) ہے۔ نقطہ ا کو جہاں ذرّہ اہتزاز شروع کرنے کو ہے، ابتداء مان کر اس سے فاصلے ناپو۔ د پر جو ذرّہ واقع ہو اُس کا فاصلہ ا سے لا فرض کرو۔ اس فاصلہ اد کو کامل طول موج سے $\frac{\text{لا}}{\text{لہ}}$ نسبت ہے، اور ا اور د کے ذرّوں کی ہیئتوں میں $\frac{\text{لا}}{\text{لہ}} 2\pi$ کی تاخیر ہے۔ اسلئے ذرّہ (د) کی حرکت کے لئے یہ مساوات موزوں ہوتی ہے:-

$$\text{ما} = \text{ط جب} \angle \left(2\pi \frac{\text{ت}}{\text{د}} - 2\pi \frac{\text{لا}}{\text{لہ}} \right)$$

یعنی

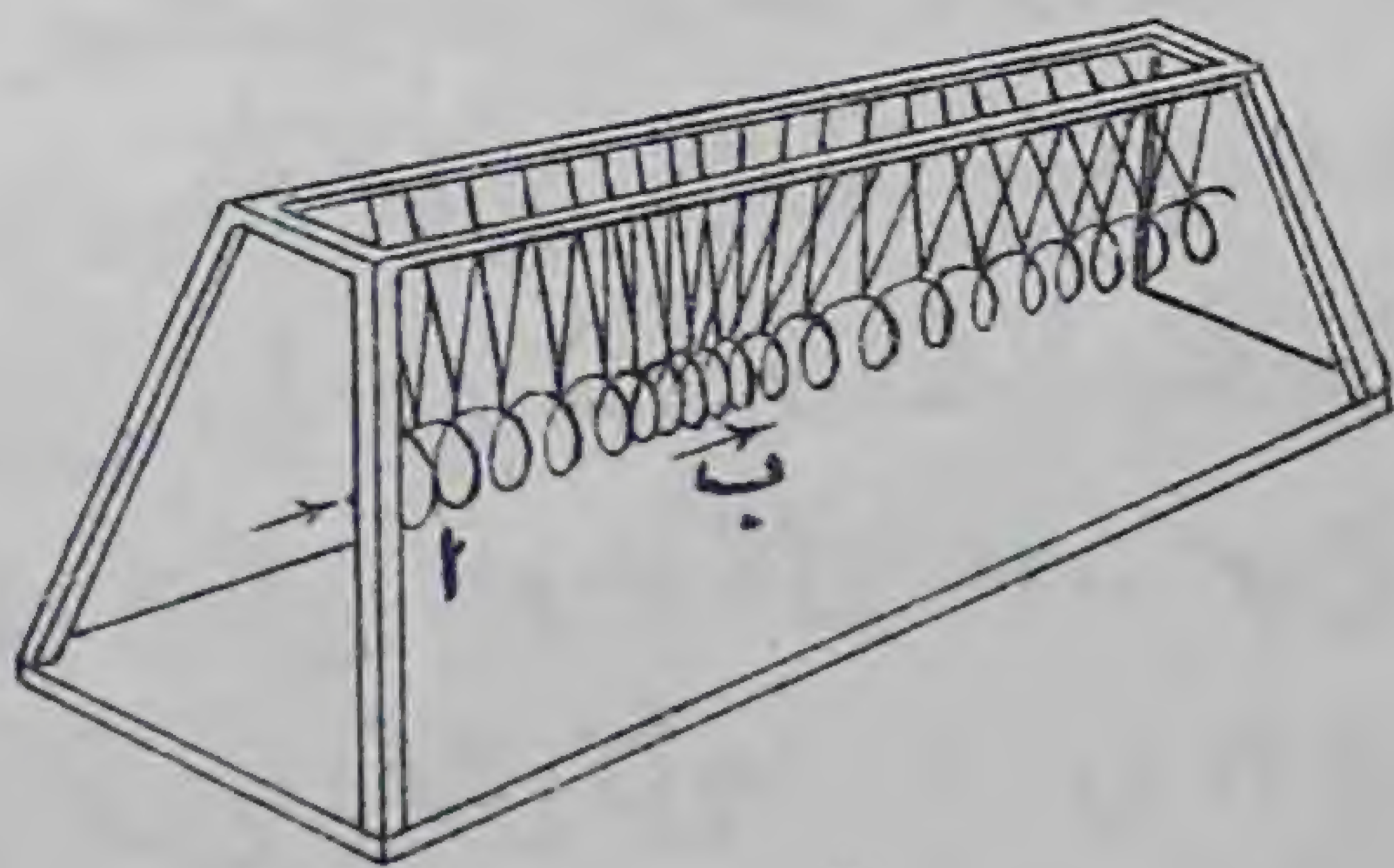
$$\text{ما} = \text{ط جب} \angle 2\pi \left(\frac{\text{ت}}{\text{م}} - \frac{\text{لا}}{\text{لہ}} \right)$$

اس مساوات سے موج کی پوری کیفیت معلوم ہو جاتی ہے۔ اس لئے کہ لا کے عوض کوئی مستقل قیمت درج کی جائے تو، مساوات سے، اس مقام پر کے ذرّے کی حرکت کا سارا حال معلوم ہو جاتا ہے۔ یا اگر ت کے بجائے کوئی مستقل قیمت لکھی جائے تو اسوقت پوری موج کی کیا شکل ہوگی وہ بھی اِس مساوات سے معلوم ہو جاتی ہے۔ مثلاً جب ت = صفر تو ما = - ط جب $\angle 2\pi \frac{\text{لا}}{\text{لہ}}$۔ شکل (۲۲) میں جس خاص وقت کے لئے موج کی تصویر کھینچی گئی ہے منحنی کی، یہ اُسی وقت کے لئے، مساوات ہے۔

طولی موجیں۔ ہوا میں آواز کی موجیں بالکلیہ طولی ہوتی ہیں، اس لئے ان کی شکل جیب کے منحنی کے ذریعہ (مثل شکل ۲۲ کے) نہیں بتائی جاسکتی۔ طولی موجیں کس طرح پھیلتی ہیں سمجھنے کے لئے فرض کرو چند گولیاں ایک سیدھی نالی میں (دیکھو شکل ۲۳) ایک دوسرے سے لگی ہوئی پڑی ہیں۔ قطار سے باہر ایک گولی کو ہٹاکر اگر اس کو قطار کے سرے (ا کے پاس) کی گولی سے ٹکرایا جائے تو قطار کے دوسرے سرے یعنے ب کے پاس کی ایک گولی آگے کو نکل جائیگی۔ وجہ یہ ہے کہ جب ا کے پاس کی گولی سے متحرک گولی ٹکراتی ہے تو اوّل الذکر تھوڑی دیر کے لئے ذرا سا ہچک جاتی ہے۔ پھر جب وہ اپنی اصلی شکل پر واپس ہوتی جاتی ہے تو اُس کے بازو میں جو دوسری گولی واقع ہے اُس میں ہچک پیدا ہوتی ہے۔ یہی کیفیت قطار کی تمام گولیوں میں یکے بعد دیگرے منتقل ہوتی ہے۔ سب سے آخر گولی کے بازو کی گولی جب اپنی اصلی شکل پر واپس ہوتی ہے

شکل ۲۳

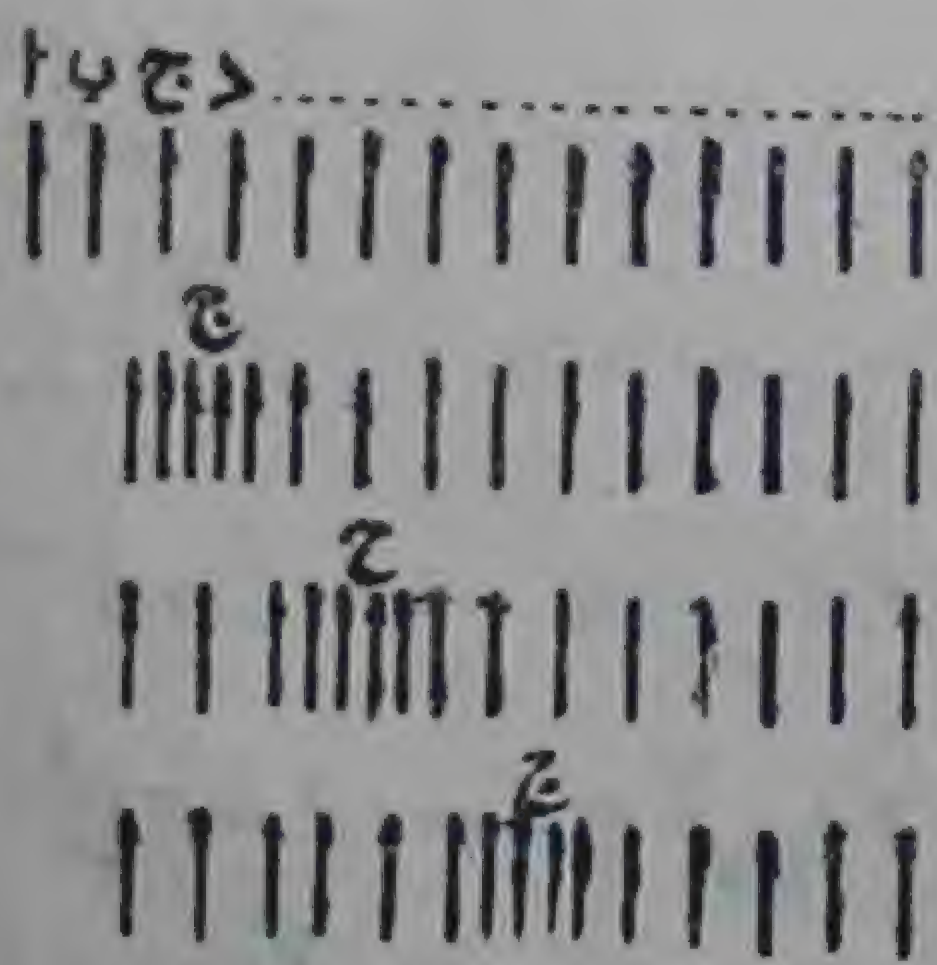
ہچکاؤ سے پیدا ہونیوالی موج کا اظہار

تو آخر والی گولی پر دباؤ پڑتا ہے اور چونکہ اس کے دوسرے
بازو کوئی سہارا نہیں ہے اس لئے وہ آگے کو نکل جاتی
ہے - اس طور پر قطار کے ایک سرے سے دوسرے
تک پچکاؤ کی ایک موج حرکت کرتی ہے - اگر دو گولیوں
کو ملاکر ا سے ٹکرایا جائے تو ب سے دو ہی گولیاں
گریز کرینگی اس لئے کہ قطار پر سے پچکاؤ کی دو موجیں،
یکے بعد دیگرے، گزرینگی -

پچکاؤ کی موج کی دوسری مثال شکل (۲۴) کے

شکل ۲۴
طولی موجوں کے سمجھانے کا آلہ

آلہ کی مدد سے مل سکتی ہے - لکڑی کا ایک چوکھٹا
بناکر دھاگوں کے ذریعہ اس میں ایک لمبی کمانی افقی
وضع میں آویزان کیجاتی ہے -

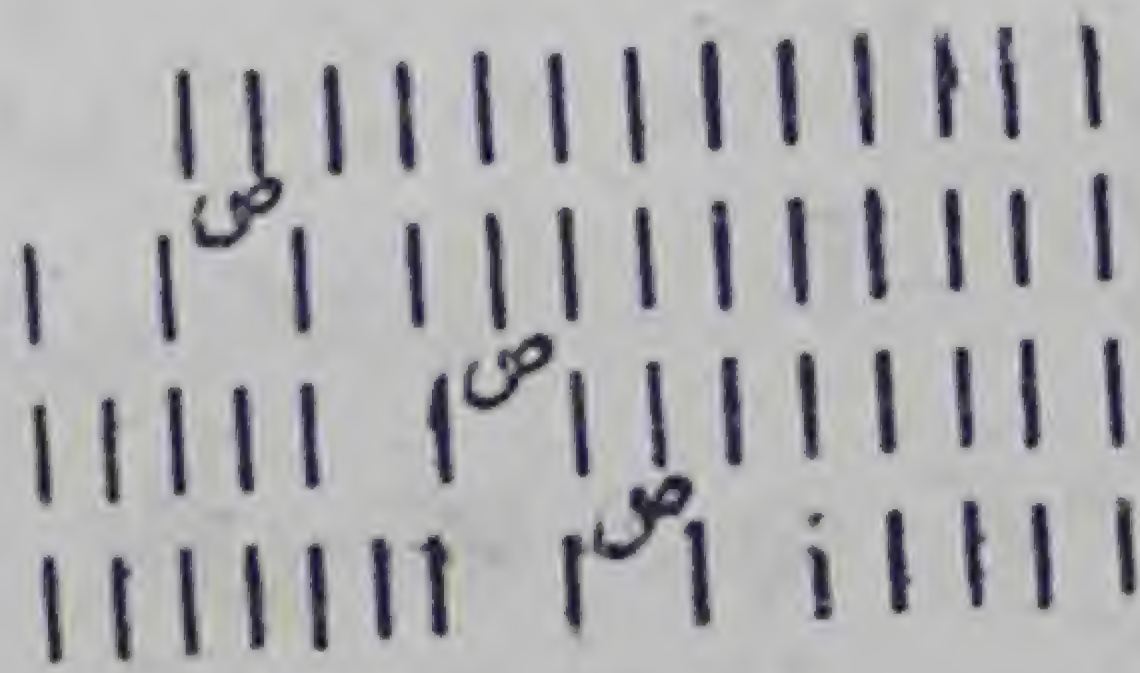
کمانی کے سرے (ا) کو یکایک آگے ڈھکیلنے سے

یہ سرا پچک جاتا ہے۔ پھر جب وہ اپنی اصلی شکل اور وضع میں آنے لگتا ہے تو اُس کے آگے کا کمانی کا کچھ حصہ، اُس کے دباؤ سے پچکتا ہے۔ اسی طرح اس کے آگے کے دوسرے حصّوں پر باری باری سے یہ حالتیں طاری ہوتی ہیں۔ اگر کمانی بہت ہلکی اور ساتھ ہی بہت مضبوط ہے تو اُس پر سے پچکاؤ کی موج نہایت سُرعت سے گزریگی اور اس لئے اچھی طرح نظر نہ آسکیگی۔ لیکن اگر باریک لوہے کے تار سے کمانی بناکر، اُس کے نیچے، ایک سرے سے دوسرے سرے تک سیسے کے چھوٹے چھوٹے ہموزن ٹکڑے، کس کر، باندھ دیئے جائیں، تاکہ کمانی کا وزن بڑھجائے (اور لچک میں زیادتی نہ ہونے پائے)، تو پچکاؤ کی موج کی رفتار دھیمی ہو جائیگی اور موج تار پر سے گزرتی ہوئی بخوبی دکھائی دیگی۔

اس تجربہ سے ہم اندازہ لگا سکتے ہیں کہ ہوا میں پچکاؤ (دبایتکثیف) کی موج کیسی ہوتی ہے۔ فرض کرو شکل (۲۵) میں ا ب ج د وغیرہ سے مراد مستوی سطحیں ہیں جو ہوا میں، ہموار دباؤ کی حالت

شکل ۲۵

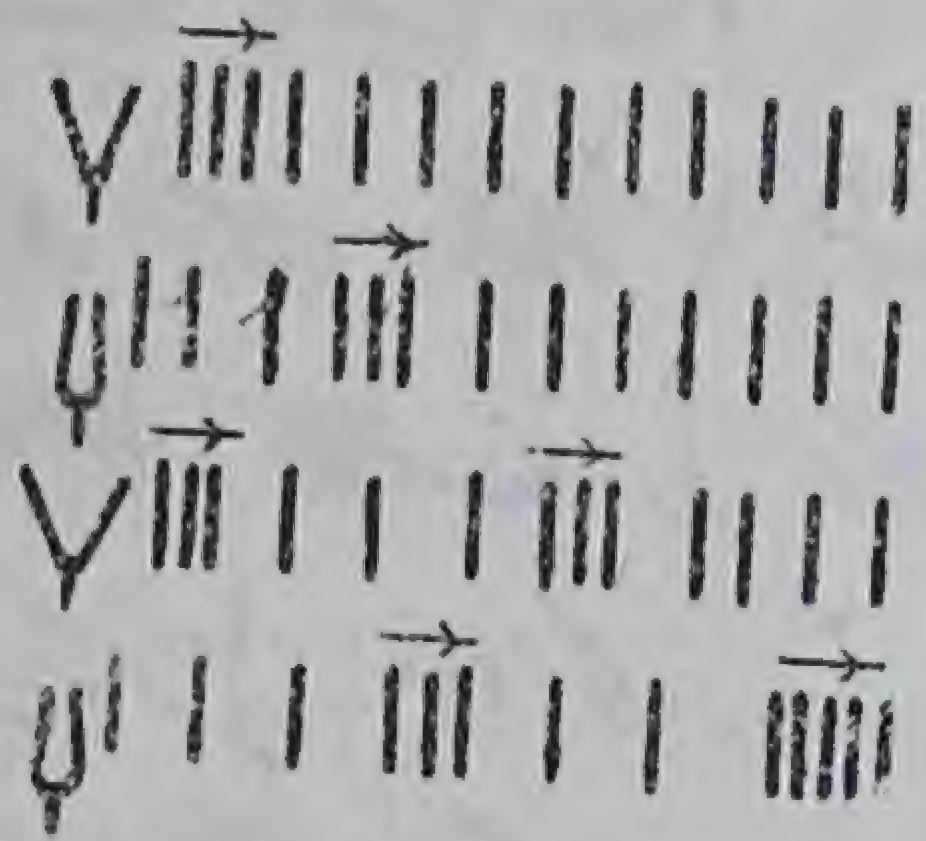
پچکاؤ (دبایتکثیف) کی موج

میں، مساوی فاصلوں پر واقع ہیں۔ اگر ا کو یکایک سیدھے جانب منتقل کیا جائے تو ا اور ب کے قریب کی ہوا میں بچکاؤ یا تکثیف پیدا ہوتی ہے۔ جب یہ ہوا اپنی اصلی حالت کی طرف واپس ہوتی ہے تو اپنے سامنے والی ہوا کو دبا کر بچکاتی ہے یعنے کثیف تر کرتی ہے۔ اس طرح یہ کیفیت ہوا کے ایک حصّہ سے دوسرے حصہ میں منتقل ہوتی ہے۔ متذکرۂ بالا شکل میں جو صفیں ایک کے نیچے ایک بنائی گئی ہیں، اُن میں اِس موج کے ترتیب وار مرحلے بتائے گئے ہیں، جبکہ وہ بائیں جانب سے سیدھے جانب گزرتی ہے۔

اِس کے برعکس اگر ا بائیں جانب یکایک (باہر کی طرف) کھینچا جاتا، دباؤ میں کمی پیدا ہوتی اور پہلے کی طرح (جیسا شکل ۲۶ میں میں بتایا گیا ہے) حالتِ تلطیف (ص) قطار پر سے گزرتی۔

شکل ۲۶

تلطیف سے موج کا پیدا ہونا

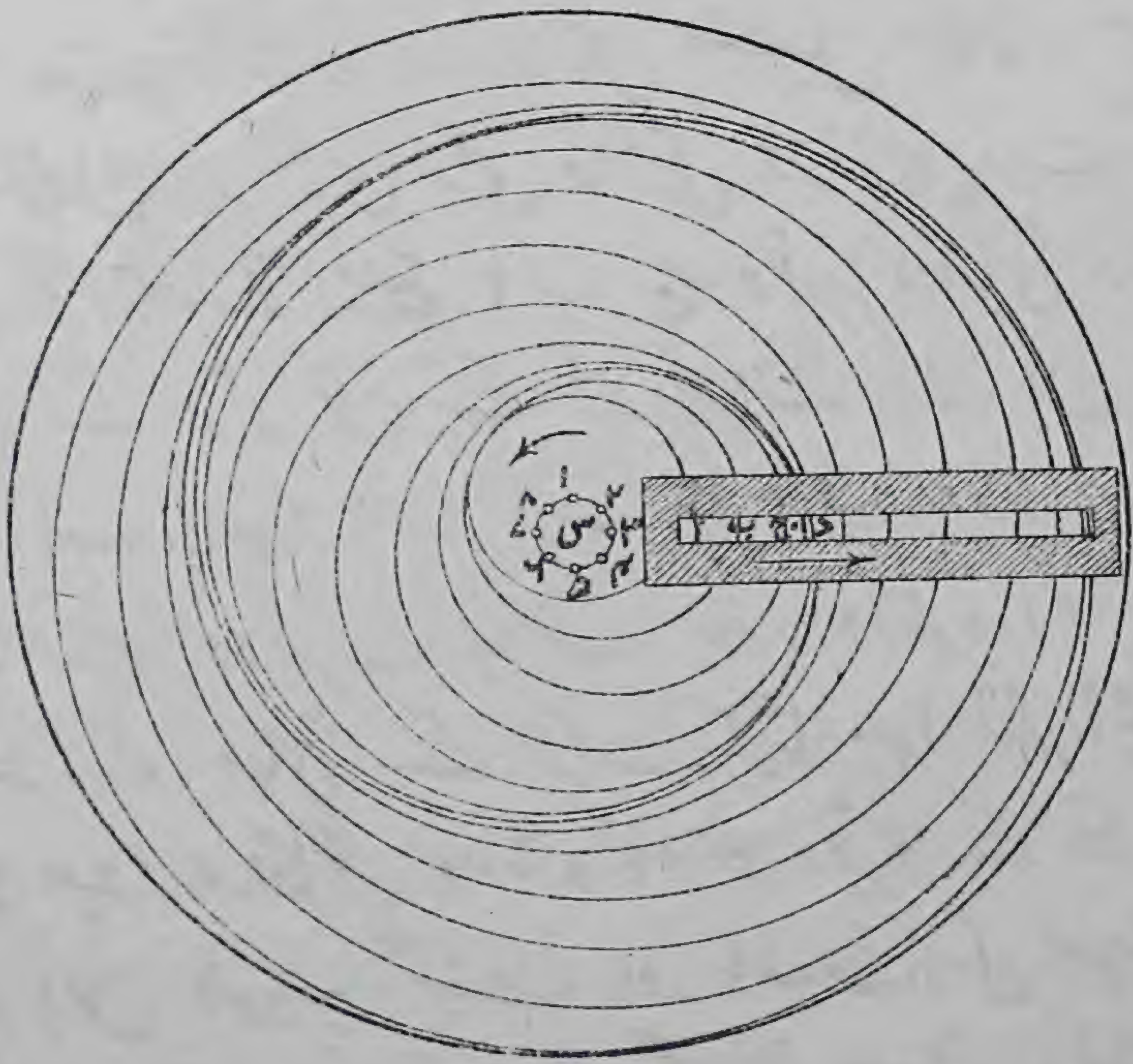
اب فرض کرو ا سُر کے دو شاخے کی ایک شاخ ہے۔ جب وہ سیدھے جانب حرکت کرتی ہے ہوا میں تکثیف کی حالت پیدا ہوتی، اور آگے کو روانہ ہوتی ہے۔

جب شاخ بائیں جانب حرکت کرتی ہے، تلطیف کی حالت پیدا ہوتی ہے۔ یہ دونوں حالتیں ایک کے بعد ایک سفر کرتی ہیں۔ دو شاخہ کی ارتعاشوں کیساتھ تکثیف اور تلطیف کی حالتیں باری باری سے مسلسل آگے بڑھتی جاتی ہیں۔

شکل ۲۷

طولی موجیں

اِن تمام صورتوں میں ہوا کے ذرّات کی حرکت اُسی سمت میں ہے جس میں موج سفر کرتی ہے۔ پس یہ موجیں طولی ہونگی۔

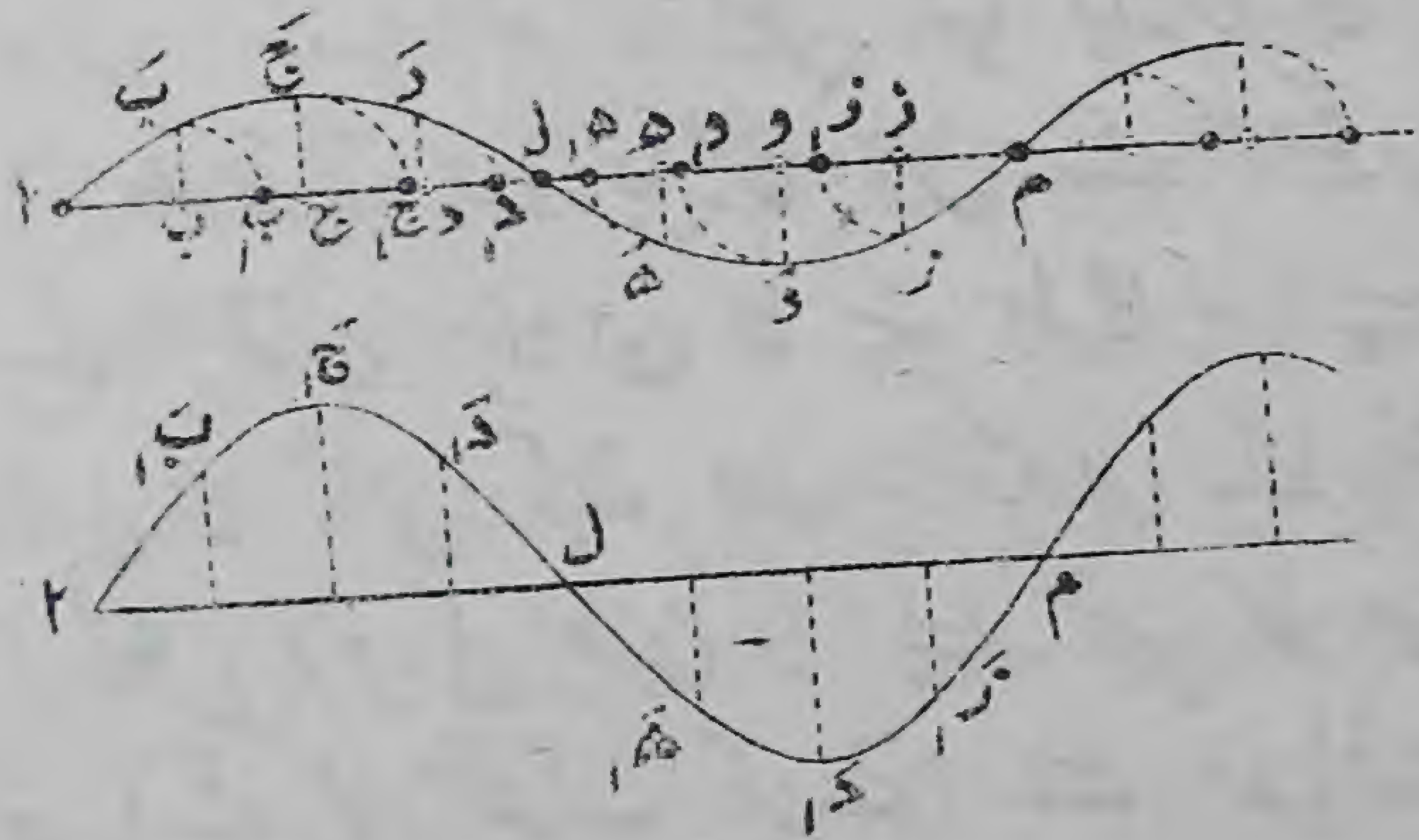
اگر دو شاخہ کی ارتعاشی حرکت بہت آہستہ ہو تو کوئی موج نہ بنے، اِس لئے کہ ایسی صورت میں جوں جوں دو شاخہ حرکت کرتا ہوا محض اُس کے گرد بہ جاتی۔ ہوا میں تکثیف پیدا ہونے کے لئے دو شاخہ کی حرکت کافی تیز ہونی چاہئے ورنہ موج نہ بن سکیگی۔ یہ عمل باروت کے عمل کے مشابہ ہے۔ جب وہ آہستہ کھلی ہوا میں جلتی ہے تو اس سے جو گیسین پیدا ہوتی ہیں، آہستہ آہستہ، باہر کی طرف پھیل سکتی ہیں، اِس لئے دھماکا نہیں ہونے پاتا۔ اگر باروت فوراً جل جائے، جو گیسین بنتی ہیں اُن کے پھیل جانے

کے لئے کافی وقت میسّر نہیں ہوتا ہے اس لئے وہ اپنے
اطراف کی ہوا کو یکایک شدّت سے دباتی ہیں جس سے
پچکاؤ یا تکثیف کی موج پیدا ہوتی ہے اور سننے والوں کو
دھماکے کی آواز سنائی دیتی ہے۔

شکل (۲۸) کرووا کا قرص

کرووا کے قرص کے ذریعہ، ہوا کی حرکت کی، جبکہ
اس میں سے موسیقی موج گزرتی ہے، بخوبی توضیح ہوتی
ہے۔ پہلے ایک چھوٹا دائرہ (دیکھو شکل ۲۸) کھینچ لیا جائے۔

اِس کے محیط پر، مساوی فاصلہ سے، متعدد نقطے ۱، ۲، ۳، وغیرہ لو اور، اُن کو باری باری سے مرکز مان کر اِس ترتیب سے دائرے کھینچو کہ پہلے سے دوسرا دائرہ ذرا بڑا ہو، دوسرے سے تیسرا اتنا ہی بڑا ہو جتنا پہلے سے دوسرا، ایسا ہی چوتھے پانچویں وغیرہ دائرے بناؤ۔ پٹھے یا فلز کی ایک پٹی لیکر اُس میں ایک کسیقدر کشادہ درز بشکل مستطیل بناؤ۔ جب پٹی ان دائروں پر آڑی رکھی جائیگی درز میں سے دائروں کے چھوٹے چھوٹے حصّے ا ب ج وغیرہ دکھائی دینگے۔ قرص کو اُس کے مرکز س کے گرد پھرانے سے ان دائروں کا ہر ایک چھوٹا حصہ ا ب ج وغیرہ درز میں ایک جانب سے دوسرے جانب بقدر دائرہ ۱، ۲، ۳ وغیرہ کے قطر کے لمبائی کے حرکت کرتا ہوا نظر آئیگا۔ یعنے ان کا حیطۂ ارتعاش دائرہ ۱ ۲ ۳ وغیرہ کے قطر کا طول ہوگا۔ اِس طور پر تکثیف اور تلطیف کی موجیں، یکے بعد دیگرے، درز میں سے گزرتی ہوئی دکھائی دینگی۔

طولی موج کا جَیب کے منحنی کے ذریعہ اظہار۔ چونکہ طولی موج جب کسی واسطہ میں سے گزرتی ہے تو واسطہ کے ذرّے اُسی سمت میں حرکت کرتے ہیں جس میں موج بہتی ہے، اِس لئے جو ذرّے ابتداءً موج کے بہاؤ کے خطِ مستقیم پر واقع ہوتے ہیں ہمیشہ اُسی

خط پر رہتے ہیں - ان ذرّوں کی قطار کبھی عرضی موج
والے ذرّوں کی طرح جیبی منحنی کی شکل اختیار نہ کریگی
(دیکھو شکل ۲۰) پس اُس کو صحیح طور پر شکل ۲۷ کی طرح

شکل (۲۹)

طولی موج کے لئے نقل مکان کا منحنی

سیدہی لکیروں، یا نقطوں کی قطار کے ذریعہ سمجھا سکتے
ہیں۔ تاہم ایسی موج کا "نقشہ" درست پیمانہ پر جیبی
منحنی کے ذریعہ یوں کھینچا جا سکتا ہے:-

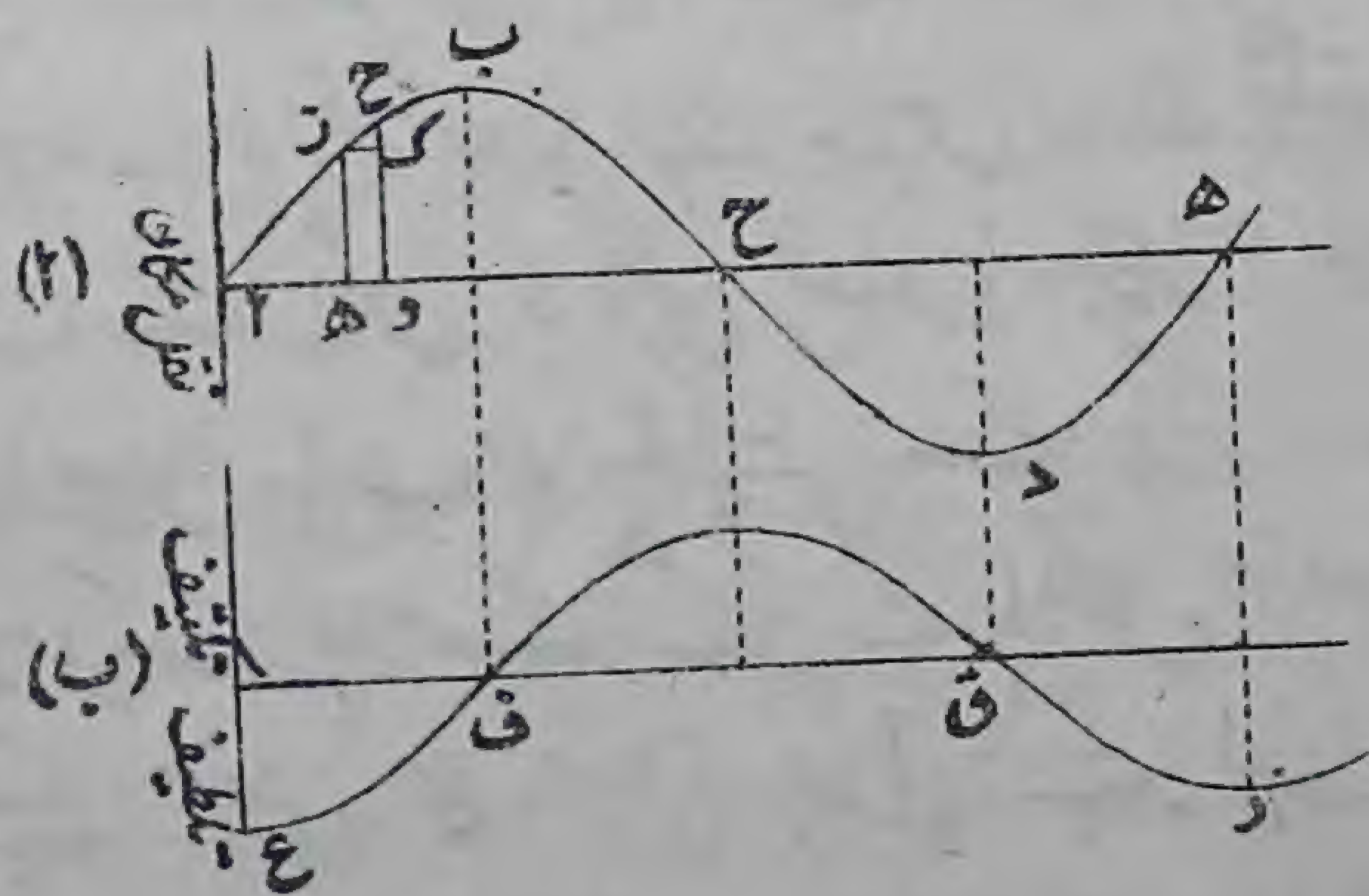
۲ ب ج ..... ھ و ز (بشکل ۲۹) کو چند ذرّوں کے
ابتدائی، یعنے موج سے پہلے کے، مقام مانو - موج جب
چلنے لگی تو فرض کرو ایک مقرّرہ وقت، اِن ذرّوں
کی وضع ۲، ب، ج،... ھ، و، ز، کی سی ہو گئی -

اگر نقلِ مکان سیدھے جانب ہو تو نقطہ کی ابتدائی وضع سے مساوی فاصلہ قطار کے اوپر کی طرف لیا جائے اور اگر بائیں جانب ہو تو اتنا ہی فاصلہ قطار کے نیچے کی طرف۔ اِس طور پر ب بَ کو ب ب، کے مساوی کھینچو، ج جَ کو ج ج، کے اور د دَ کو د د، کے۔ جب سب نقطوں کے ساتھ یہ عمل کیا جائیگا تو منحنی ا بَ جَ دَ ..... ھَ وَ زَ بن جائیگا جس کے معیّنوں سے ذرّوں کے انتقالِ مکان کا پتہ چلیگا۔ ایسے منحنی کو نقلِ مکان کا منحنی کہتے ہیں۔ ذرّوں کے انتقالِ مکان کا تغیّر (شکل ۲۱ کی طرح) ایسے منحنی کو موج کی رفتار کے ساتھ آگے کو متحرک کرنے سے دریافت ہوجائیگا۔

عام طور پر ہوا کی موج میں نقلِ مکان بہت خفیف ہوتی ہے۔ اس لئے اگر حقیقی پیمانہ پر منحنی کھینچا جائے تو اس میں نشیب و فراز نہایت قلیل نظر آئیگا۔ لیکن کوئی وجہ نہیں کہ امتیاز کی غرض سے نقلِ مکان کو مناسب معیّنوں کے ذریعہ نہ بتایا جائے۔ چنانچہ منحنی ا بَ جَ دَ .....ھَ، وَ زَ، میں ہر ایک معیّن اوپر والے منحنی، یعنی ا بَ جَ ..... ھَ وَ زَ کے جوابی معیّن کا دو چند بنایا گیا ہے۔

پچکاؤ یا تکثیف کا منحنی۔ شکل ۲۹ کے ملاحظہ سے معلوم ہوگا کہ ل تکثیف کا نقطہ ہے، کیونکہ اُس کے

سامنے اور پیچھے کی ہوا اُسی کی طرف منتقل ہوتی ہے۔ اس لئے اس مقام پر ہوا کی کثافت اوسط سے زیادہ ہے۔ اسی طرح ۲ اور م تلطیف کے نقطے ہیں اس لئے کہ یہاں ہوا کے ذرّوں کی مفارقت بہ نسبت اور مقاموں کے زیادہ ہے۔

ان اُمور کے لحاظ سے اب ایک ایسا منحنی کھینچا جاسکتا ہے جس سے موج کے ہر مقام کی تکثیف اور تلطیف کا اندازہ ہو۔ اب ج و ھ (شکل ۳۰ الف) کو کسی مفروض موج کی نقلِ مکان کا منحنی تصور کرو۔ ھ اور و دو قریب کے نقطے ہیں، ان کی نقلِ مکان

شکل (۳۰)

طولی موج کے لئے تکثیف وتلطیف کا منحنی

بالترتیب ھَ ذَ اور وَ حَ ہوگی۔ فرض کرو ا ج ھ اِکائی

تراش عمودی کے اسطوانے کا محور ہے۔ جب ذرات نقلِ مکان نہیں کرتے ہیں اس اسطوانہ کے اندر کی ہوا کی حالت اِس کے باہر کی ہوا کی سی ہوتی ہے پس محور پر عمود وار اور ھ اور ۃ میں سے گزرنے والی دو مستوی سطحوں کی درمیانی ہوا کا حجم ھ ۃ ہوگا۔ اگر نقلِ مکان ہوکر موج شکل (۳۰) الف کی وضع اختیار کرے، مستوی جس میں ھ واقع ہے (مفروضہ پیمانہ پر) بقدر فاصلہ ھ ذ آگے کو ہٹ جائیگی، اور ۃ سے گزرنے والی مستوی اسی جانب بقدر فاصلہ ۃ ح ہٹیگی۔ اگر نقلِ مکان کے یہ دونوں فاصلے مساوی ہوتے تو اب بھی اُس ہوا کا حجم ھ ۃ ہوتا۔ مگر چونکہ یہ غیر مساوی ہیں اِس لئے حجم میں تفاوت بقدر ۃ ح ۔ ھ ذ (حسبِ پیمانہ مفروضہ) واقع ہوتا ہے۔ اِس لئے تکثیف یا تلطیف کی مقدار، یعنے اُس کا حجمی فساد یا بگاڑ (ملاحظہ ہو پہلے حصّہ کا بارہواں باب) $\frac{ح ک}{ھ ۃ}$ کے برابر ہے۔ جب ھ اور ۃ ایک دوسرے کے بالکل متصل ہوتے ہیں کسر $\frac{ح ک}{ھ ۃ}$ منحنی کا مَیل ہوتی ہے لہذا نقلِ مکان کے منحنی کے کسی مقام کی تکثیف یا تلطیف کی مقدار (یعنے حجمی فساد) کا اندازہ منحنی کے اُس مقام کے مَیل سے معلوم ہوسکتا ہے۔

شکل (۲۹) سے اگر مقابلہ کیا جائے تو معلوم ہوگا کہ جب منحنی کا مَیل ایک جانب ہوتا ہے تو اُس سے ہوا میں تکثیف پائی جاتی ہے اور جب دوسرے جانب ہوتا ہے تو تلطیف۔ جہاں نقل مکان کے منحنی کی وضع افقی ہوتی ہے وہاں نہ تکثیف پائی جاتی ہے نہ تلطیف، دباؤ طبعی رہتا ہے۔ شکل (۳۰) ب میں منحنی ا ب ج د ھ کا مَیل صحیح پیمانے پر کھینچا گیا ہے۔ ملاحظہ سے معلوم ہوگا کہ ص کے پاس تکثیف اعظم ہے اور ع اور د کے پاس تلطیف اعظم ہے۔

[زاید مضموں منجانب مترجم عرضی موج کیلئے اکثر پانی کی سطحی موج کی مثال دی جاتی ہے۔ طالبِ علم اگر ذرا غور سے ملاحظہ کرے تو پانی کی سطح پر چلنے والی موجیں دو قسم کی محسوس ہونگی۔ ایک قسم کی موج جس کو عام اصطلاح میں لہر کہتے ہیں خفیف ہوا کے چلنے سے پانی کی سطح پر پیدا ہوتی ہے اور سطح کے ایک کنارے سے شروع ہوکر دوسرے کنارے تک پھیلتی ہوئی چلی جاتی ہے۔ انگریزی میں اس کو کیپلّری یعنے شعری موج کہتے ہیں۔ ایسی موج کا طولِ موج اور حیطۂ ارتعاش چھوٹا ہوتا ہے۔ ذرّوں کی حرکت بھی سادہ موسیقی ہوتی ہے چنانچہ موج کے منحنی

کی شکل جیبی منحنی کی شکل سے مشابہ دکھائی دیتی ہے۔ شعری موج زیادہ تر پانی کے سطحی تناؤ کی وجہ سے پیدا ہوتی ہے۔ جاذبہ ارض کا اُس پر اثر نہایت قلیل بلکہ صفر ہوتا ہے۔

دوسری قسم کی موج جو سمندر یا بڑے جھیل کی سطح پر دکھائی دیتی ہے نہ صرف بڑے پیمانہ پر ہوتی ہے بلکہ شکل میں بھی کسیقدر جُداگانہ ہوتی ہے۔ جب ہوا تیز چلتی ہو طالب علم اگر سمندر کے کنارے یا کسی بڑے تالاب کے کنٹے پر کھڑا ہوکر ان موجوں پر غور کرے تو معلوم ہوگا کہ اَوج کا حصّہ بمقابلہ حضیض کے وسعت میں بہت چھوٹا ہوتا ہے۔ اگر کافی توجہ کے ساتھ ذرا دیر تک نظر ڈالے تو یہ بھی معلوم ہوگا کہ پانی کے ذرّوں کی حرکت محض ایک انتصابی خط میں، یعنے پانی کی سطح پر عمود وار، نہیں ہے، بلکہ افقی خط میں بھی، موج کی روانی کی سمت میں، دَوری حرکت عمل میں آتی ہے۔ یہ دونوں یعنے عمودی اور افقی حرکتیں، قریب قریب سادہ موسیقی ہوتی ہیں۔ معمولی عمق کے پانی میں افقی ارتعاش کا حیطہ بہ نسبت عمودی ارتعاش کے حیطہ کے بڑا ہوتا ہے۔ کھلے سمندر میں کنارے سے بہت دُور، جہاں عمق کافی ہے، عمودی اور افقی ارتعاشوں کے حیطے

مساوی ہوتے ہیں اور اس اندازہ پر کہ ہر ایک ذرّہ جو موج کے راستہ میں واقع ہوتا ہے، باری باری سے مساوی قطر کے، دائروں میں حرکت کرتا ہے۔ ذرّوں کی ہئیتیں مختلف ہوتی ہیں۔ موج کے راستہ میں، دو قریب ترین، ہم ہئیت ذرّون کے بیچ میں جو فاصلہ ہوتا ہے طول موج ہے۔ ذرّون کی اس حرکت سے پانی کی سطح جو شکل اختیار کرتی ہے خطِ تدویر یعنے سائکلاڈ کی ایک قسم ہوتی ہے جس کو ٹروکائڈ کہتے ہیں۔

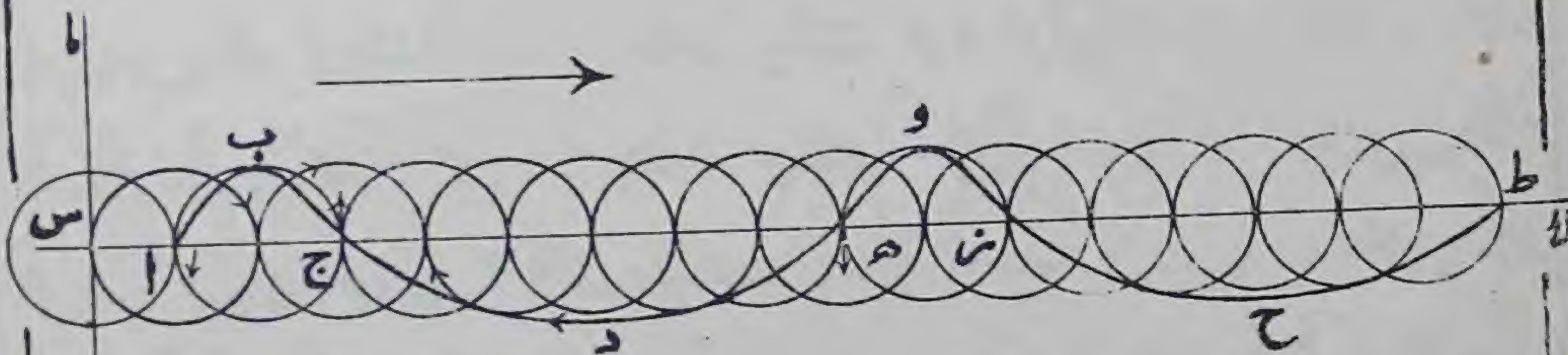
پانی کی موجوں پر شرح و بسط کے ساتھ بغیر اعلیٰ ریاضی کی مدد کے بحث کرنا مشکل ہے۔ یہاں صرف چند ضروری باتیں ان موجوں کی رفتار اور اُن کی خصوصیات سے متعلق بیان کی جائینگی۔ اور بعض اہم ضابطے، جن کے سمجھانے کے لئے دقیق ریاضی کے اصول کی ضرورت نہ ہوگی، ثابت کئے جائینگے۔

تقریباً ۲/۳ انچ سے چھوٹے طولِ موج کی موجیں شعری ہوتی ہیں۔ ان سے بڑے طول کی، جاذبۂ ارضی۔ اکثر لوگوں کو موجوں کی بلندی کے متعلق دہوکا ہوتا ہے۔ طوفانی موسم میں سمندر کا سفر کرنے والوں کو سو فٹ سے زیادہ بلند موجوں پر سے گزرنے کا شبہ ہوتا ہے۔ درحقیقت ۴۰ فٹ سے اونچی موج

شاذو نادر چیز ہے۔ اکثر ۳۰ فٹ سے کم اونچی ہوتی ہیں۔
۱۶ سے ۲۰ فٹ تک اونچی موجیں سمندر کے سفر
میں عموماً نظر آتی ہیں۔ اگرچہ ان موجوں کی بلندی
۴۰ فٹ سے کم ہوتی ہے طولِ موج بہت
ہوتا ہے۔ چیلنجر جہاز کے سفر میں جو علمی تحقیقات
کی غرض سے بعض ماہران سائنس کے زیر اہتمام انجام
پایا تھا ۴۲۰ فٹ سے ۴۸۰ فٹ لمبی موجیں دکھائی
دیں۔ ان کی بلندی ۱۸ سے ۲۰ فٹ تک تھی اور
حساب کرنے سے ظاہر ہوتا ہے کہ اُن کی رفتار ۵۰
فٹ فی ثانیہ تھی۔ بحر اٹلانٹک میں طوفانی موجیں اکثر
۵۰۰ سے ۶۰۰ فٹ تک لمبی ہوتی ہیں۔ فرانسیسی
بحریہ فوج کے افسروں کو نصف میل طول کی موجیں
دیکھنے کا اتفاق ہوا ہے۔

اب ہم آسان ریاضی کے ذریعہ پانی کی موجوں
کی رفتار وغیرہ کے متعلق ضروری ضابطے ثابت کرتے
ہیں۔ چونکہ موجی حرکت باقاعدہ ہوتی ہے اس لئے
واضح ہے کہ نہ صرف پانی کی سطح کے ذرّے دائروں
میں حرکت کرتے ہیں بلکہ سطح کے نیچے کے ذرّے بھی
دائروں میں ترتیب وار پابندی کے ساتھ اسی طرح کی
حرکت انجام دیتے ہیں۔ البتہ یہ ضرور ہے کہ جوں جوں
عمق بڑھتا جائیگا حیطہ ارتعاش اور اس لئے دائروں

کا قطر چھوٹا ہوتا جائیگا ورنہ عمیق سمندروں کی موجوں کی توانائی بعید الفہم ہوگی۔ معہذا غواصوں کے تجربہ سے بھی صاف ظاہر ہوتا ہے کہ حیطۂ ارتعاش تھوڑے ہی عمق کے بعد ناقابل لحاظ ہوجاتا ہے۔

شکل (اَ) میں پانی کے ذرّوں کی ایک قطار مساوی فاصلوں پر بتائی گئی ہے۔ اِن کے گرد دائرے کھینچے گئے ہیں۔ سہولت کی غرض سے، دائروں کے نصف

شکل (اَ)

قطر ان ذرّوں کے درمیانی فاصلوں کے مساوی بنائے گئے۔ ہر ایک ذرّہ اپنے اپنے دائرے کے محیط پر یکساں اور مساوی رفتار کے ساتھ متحرک فرض کیا جاتا ہے۔ مبداء (س) سے کسی ذرّہ کا فاصلہ جتنا دُور (سیدھے جانب کو) ہوگا اتنی ہی اُس ذرّہ کی ہئیتِ ارتعاش میں تاخیر ہوگی۔ اُس خاص وقت کے لئے جبکہ مرکز (س) والا ذرّہ سیدھے جانب اپنے موقعہ سکون

سے بعید ترین مقام پر منتقل ہوگا اِن سب ذرّوں کو اگر
ایک مناسب خط کھینچکر ملایا جائے تو منحنی ا ب ج د ہ و ز
.... ط حاصل ہوگا۔ عمیق پانی کی موج بھی اِسی کے
مشابہ ہوتی ہے۔ ب، و موج کے فراز یا اَوج کے
مقام ہیں اور د، ح اس کے نشیب یا حضیض کے
مقام۔ طولِ موج ا ہ یا ب و ہے۔ چونکہ اِس قدر
فاصلہ حائل ہونے سے دو ذرّون کی ہیئتوں میں ۲π
کا تفاوت واقع ہوتا ہے۔ جس ذرّے کی ہیئت
مبداء کے ذرے کے لحاظ سے (د) پیچھے ہو وضع سکون
میں اس کا فاصلہ مبداء سے $\frac{لہ د}{۲π}$ ہوگا جہان لہ سے
مراد طولِ موج ا ہ ہے۔ پس جب موج رَوان ہو
اس کے کسی بھی ذرّے کے محدّد لا اور ہا کی مساواتیں
حسب ذیل ہونگی:-

$$لا = \frac{لہ د}{۲π} + ب جم د \quad \text{اور} \quad ہا = ب جب د$$

جن میں ب سے مُراد حیطۂ ارتعاش یا دائرہ ب
کا نصف قطر ہے۔ کسی خاص موج کے لئے واضح
ہے کہ لہ اور اس لئے $\frac{لہ}{۲π}$ مستقل ہے۔
اب اِن مساواتوں کا مقابلہ ٹروکائیڈ کی مساواتوں
کے ساتھ کیا جائے۔ فرض کرو (شکل ۳) ایک خط
مستقیم ح حَ کو چھوتا ہوا ایک دائرہ یکسان رفتار کیساتھ

سیدھے جانب (بغیر پھسلنے کے) لڑھکتا جاتا ہے۔ دائرے کے اندر ایک خاص اور غیر متبدل مقام پر ایک نقطہ

شکل (۲)

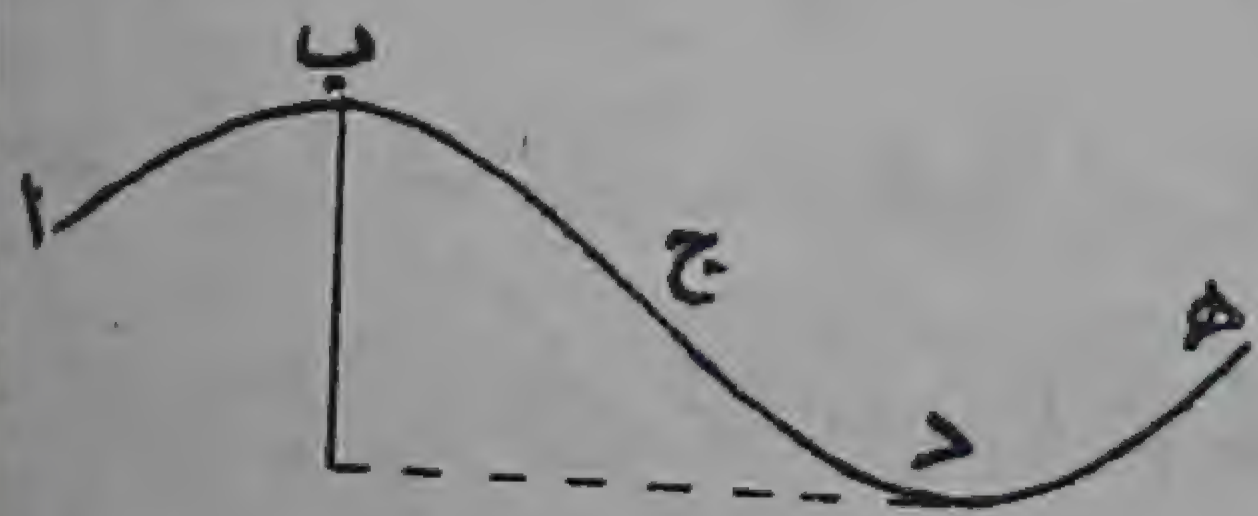
فرض کرو۔ دائرے کی حرکت سے اس نقطہ کا جو مسیر ہوتا ہے اسی کو ٹروکائیڈ کہتے ہیں۔ س کو مبداء مانو اور فرض کرو جب دائرے کا مرکز س پر واقع تھا نقطۂ مذکور کا مقام ۲ تھا۔ جب دائرہ لڑھکتا ہوا ایک دوسری وضع حَ سَ اختیار کرتا ہے تو اس کی گردش کا زاویہ ج سَ ع یا ج سَ ف ہوتا ہے۔ واضح ہو کہ خط ح حَ محیط دائرہ کے حصّہ ح ط کے مساوی بنایا گیا ہے پس (س ۲) کی وضع اب (سَ ع) ہو گئی۔ اور مسیر کا حصّہ اب ع طے ہوا۔ اگر ∠ ج سَ ع کو (ی) کہیں اور دائرے کے نصف قطر کو ۲ اور فاصلہ س ۲ یا سَ ع کو (ب) تو

لا = ۲ ی + ب جم ∠ ی اور ما = ب جب ∠ ی

یہ مساواتیں شکل (۱آ) کی مساواتوں سے بالکل مشابہ ہیں - اگر بجائے ۲ کے $\frac{\text{لہ}}{\pi ۲}$ لکھا جائے تو دونوں ایک ہوجاتی ہیں - پس واضح ہے کہ عمیق پانی کی موجوں کی شکل ٹروکائیڈ کی سی ہوتی ہے - اگر لہ کے مقابلہ میں ب کی مقدار بہت چھوٹی ہو تو ب جم ز کو ناقابل لحاظ تصور کرکے لا = $\frac{\text{لہ ز}}{\pi ۲}$ لکھ سکتے ہیں - پس ز = $\frac{\text{۲ } \pi \text{ لا}}{\text{لہ}}$

$$\therefore \text{ ما = ب جب ز } \frac{\text{۲ } \pi \text{ لا}}{\text{لہ}}$$

یعنے سادہ موسیقی حرکت کے منحنی کی مساوات بنجاتی ہے - بالفاظ دیگر جب طول موج کی بہ نسبت حیطہ ارتعاش بہت چھوٹا ہوتا ہے تو موج کا منحنی سادہ موسیقی حرکت کے منحنی یعنے جَیب کے منحنی کے مشابہ ہو جاتا ہے -

گہرے پانی میں جاذبۂ ارض کے باعث پیدا ہونیوالی موجوں کی رفتار -

شکل (۳۳) میں اب ج د ھ ہے ایک ایسی موج مفہوم ہے - گو شکل سہولت کے لئے جَیبی منحنی کی سی بنائی گئی ہے نفس معاملہ پر اس کا اثر

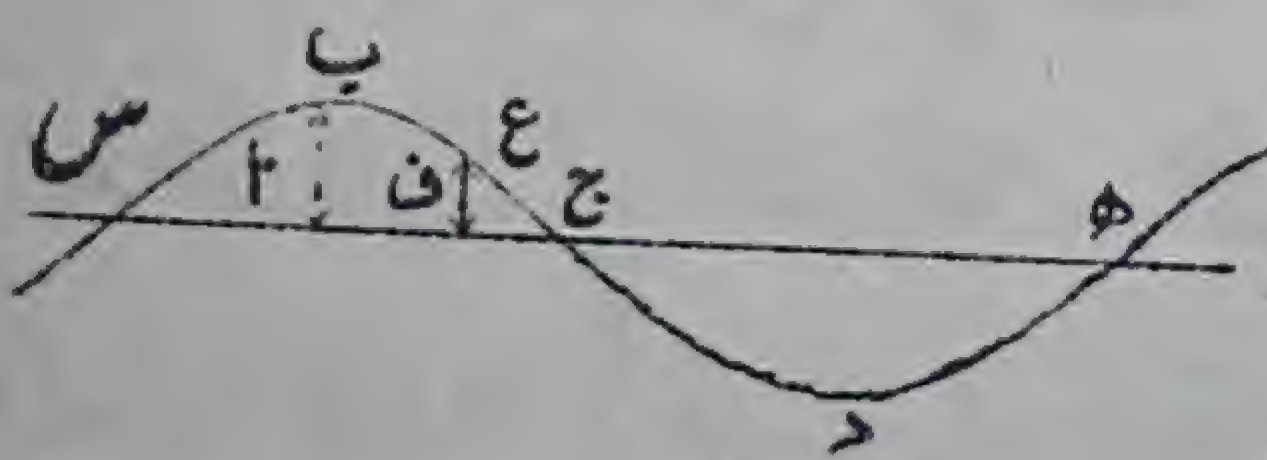
شکل (۳۳)

کچھ نہیں - یہ فرض کر لیا گیا ہے کہ موج سے پہلے پانی کی سطح اج ھ تھی۔مقام ب کے ذرّے موج کی روانی کی سمت میں حرکت کر رہے ہیں - اور د کے ذرّے اس کے مقابل سمت میں اسی رفتار کے ساتھ متحرک ہیں - فرض کرو موج کی رفتار (ر) ہے اور ہم نے سارے پانی کو (- ر) رفتار، یعنے اتنی ہی رفتار مخالف سمت میں، دیگر موجوں کو قائم کر دیا - اب جہاں اوج ہونگے وہاں ہمیشہ اوج ہی کی حالت رہیگی اور جہاں حضیض ہونگے وہاں ہمیشہ حضیض ہی کی حالت - صرف پانی سیدھے جانب سے بائیں جانب کو بہا چلا جائیگا۔اگر سطح کے ذرّوں کے دائروں کا نصف قطر ۲ ہو اور موج کا وقت دَوران (و) تو مقام (ب) کے ذرّوں کی رفتار = $\frac{۲\pi ۲}{و}$ - ر اور مقام (د) کے ذرّون کی رفتار = $\frac{۲\pi ۲}{و}$ - ر دیکھو اِکائی کمیت والے حجم کا پانی جب مقام (د) پر ہوتا ہے اُس کی توانائی بالحرکت = $\frac{۱}{۲}(\frac{۲\pi ۲}{و} + ر)^{۲}$ اور جب وہ مقام (ب) پر پہنچ جاتا ہے تو اُس کی توانائی بالحرکت = $\frac{۱}{۲}(\frac{۲\pi ۲}{و} - ر)^{۲}$ - د سے ب تک جانے میں اُس پانی کی توانائی بالحرکت بقدر $\frac{۴\pi ۲ ر}{و}$ گھٹ جاتی ہے لیکن اس کی توانائی بالقوّہ بقدر ۲ ج ۲ بڑھ جاتی ہے (ج سے مراد جاذبۂ ارض اور ۲ ۲ سے مراد ب اور د

کے ارتفاعوں کا تفاوت ہے)۔ پس توانائی کے بقاء
کے کلیّہ سے

$$\frac{\text{۴}\pi\text{۲ ر}^{\text{۲}}}{\text{و}} = \text{۲ج۲} \quad \text{یا} \quad \text{ر}^{\text{۲}} = \frac{\text{ج و}}{\text{۲}\pi}$$

$$\text{لیکن ر} = \frac{\text{له}}{\text{و}} \quad \therefore \text{ر}^{\text{۲}} = \frac{\text{ج له}}{\text{۲}\pi}$$

سطحی تناؤ کے باعث پیدا ہونے والی موجوں کی رفتار۔ طالب علم نے بائیسویں باب میں دیکھ لیا ہے کہ مائع کے سطحی تناؤ کی وجہ سے سطح پر دباؤ پیدا ہوتا ہے۔ اِس دباؤ کی مقدار $\frac{\text{ت}}{\text{ط}}$ ہے جس میں ت سطحی تناؤ کے لئے اور ط سطح کے انحنا کے نصف قطر کے لئے لکھا گیا ہے۔ سطحی تناؤ کی موجیں چھوٹی ہوتی ہیں (شعری موجیں)۔ ان کی شکل جیبی منحنی کی سی ہوتی ہے۔ پس نقطہ س کو مبداء مان کر (شکل ۴۸) ما کی قیمت لا کی رقم میں

شکل (۴۸)

$$\text{ما} = \text{۲ جب} \frac{\text{۲}\pi\text{ لا}}{\text{له}}$$

لکھی جا سکتی ہے۔ فرض کرو س ب ج د ھ (شکل ۴۸) شعری موج کی شکل ہے۔ س ج ھ مائع کی ابتدائی سطح تھی۔ سطح کے کسی ذرّے (ع) کی بلندی اب ع ف ہے۔ اس بلندی کو (ف) قرار دو۔ اس کاغذ کی سطح مستوی

جس پر یہ شکل کھینچی گئی ہے موجی سطح پر عمود وار تصوّر کی جاتی ہے۔ پس موج کی سطح کاغذ کی سطح پر سیدھی واقع ہوگی۔ اگر موج کا حیطۂ ارتعاش ذرا سا بڑھ جائے تو نقطہ (ع) اوپر کی طرف خفیف سا فاصلہ (بقدر فہ) چڑھ جائیگا۔ اس لئے نقطہ ع کے پاس مائع کی سطح کا **ایک** چھوٹا جزو، جس کا رقبہ (جہ) فرض کیا جاتا ہے قوت $\frac{\text{جہ ت}}{\text{ط}}$ کے مقابلہ میں اوپر کی طرف فاصلہ (فہ) طے کریگا۔ یعنے سطح کے اس طرح پر پھیلنے سے $\frac{\text{جہ فہ ت}}{\text{ط}}$ کام انجام پائیگا۔ اگر فضاء کے اس مزید حصّہ (جہ فہ) کو بھرنے کے لئے یہ تصوّر کیا جائے کہ سطح س ج ھ سے مائع اٹھایا گیا ہے تو قوت جاذبۂ ارض کے مقابلہ میں (جہ فہ ثہ ج ف) کام عمل میں آیا۔ پس دونوں کاموں کو ملاکر یہ کہا جاسکتا ہے کہ توانائی بالقوّہ میں بقدر جہ فہ (ج ثہ ف + $\frac{\text{ت}}{\text{ط}}$) کے ترقی ہوئی۔

احصاء تفرّقات پڑھتے وقت طالبِ علم نے معلوم کیا ہوگا کہ کسی منحنی کے انحنا کا نصفِ قطر (ط) ذیل کی مساوات سے شمار ہوتا ہے:۔

$$\text{ط} = \frac{\left\{1 + \left(\frac{\text{فر ما}}{\text{فر لا}}\right)^{2}\right\}^{\frac{3}{2}}}{\frac{\text{فر}^{2}\ \text{ما}}{\text{فر لا}^{2}}}$$

چونکہ موج کے انحنا کی تعیین میں $\left(\frac{\text{فرما}}{\text{فرلا}}\right)^{۲}$ عدداً کی بہ نسبت بہت قلیل اور ناقابل لحاظ تصور کیا جاسکتا ہے۔ اس لئے

$$\text{ط} = \frac{۱}{\frac{\text{فر}^{۲}\,\text{ما}}{\text{فرلا}^{۲}}} \quad \text{تقریباً}$$

$$\text{یعنی}\quad \frac{۱}{\text{ط}} = \frac{\text{فر}^{۲}\,\text{ما}}{\text{فرلا}^{۲}} = \frac{۴\pi^{۲}\,\text{ف}}{\text{لہ}^{۲}}$$

پس توانائی بالقوّہ میں زیادتی بقدر

$$\text{جہ فہ}\left(\text{ج ثہ ف} + \frac{۴\pi^{۲}\text{ت}}{\text{لہ}^{۲}}\,\text{ف}\right) \quad \text{یا}$$

$$\text{ثہ}\left(\text{ج} + \frac{۴\pi^{۲}\text{ت}}{\text{ثہ لہ}^{۲}}\right)\text{جہ فہ ف}$$ واقع ہوتی ہے۔

اوج میں جتنا اضافہ ہوگا حضیض میں بھی اتنی ہی زیادتی ہوگی۔

پس سطحی تناؤ کی وجہ سے موج پر گویا جاذبۂ ارض کے اثر میں $\frac{۴\pi^{۲}\text{ت}}{\text{ثہ لہ}^{۲}}$ کا اضافہ ہوتا ہے۔

چونکہ صرف قوّت جاذبۂ ارض کے اثر سے جب موج بنتی ہے تو

$$\text{ر}^{۲} = \frac{\text{ج لہ}}{۲\pi}$$

اِس لئے قوّت جاذبۂ ارض اور سطحی تناؤ کے مشترکہ

عمل سے جو موجیں بنتی ہیں اُن کی رفتار اس مساوات سے ملتی ہے:-

$$\text{ر}^2 = \left(\text{ج} + \frac{4\pi^2\,\text{ت}}{\text{ثہ}\,\text{لہ}^2}\right)\frac{\text{لہ}}{2\pi}$$

$$\text{یعنی}\quad \text{ر}^2 = \frac{\text{ج}\,\text{لہ}}{2\pi} + \frac{2\pi\,\text{ت}}{\text{ثہ}\,\text{لہ}}$$

اِس مساوات سے ظاہر ہوتا ہے کہ جاذبۂ ارض سے جو موج بنتی ہے اُس کی رفتار طولِ موج کے بڑہنے سے بڑہتی اور گھٹنے سے گھٹتی ہے۔اس کے برعکس شعری موج (جو مائع کے سطحی تناؤ سے پیدا ہوتی ہے) طولِ موج کے گھٹنے سے بڑہتی اور بڑہنے سے گھٹتی ہے - چونکہ ر^2 کی قیمت جس جملہ سے شمار ہوتی ہے دو رقموں پر مشتمل ہے اور ان دونوں کا حاصلِ ضرب $\frac{\text{ج}\,\text{ت}}{\text{ثہ}}$ ہے یعنے طولِ موج لہ کے غیر تابع اور اسلئے مستقل ہے لہذا ر^2 کی قیمت اُس وقت اقل ہوتی ہے جبکہ یہ دونوں رقمیں آپس میں مساوی ہوتی ہیں۔

$$\text{یعنی}\quad \frac{\text{ج}\,\text{لہ}}{2\pi} = \frac{2\pi\,\text{ت}}{\text{ثہ}\,\text{لہ}}$$

$$\text{یا}\quad \text{لہ}^2 = \frac{4\pi^2\,\text{ت}}{\text{ج}\,\text{ثہ}}$$

چونکہ پانی کی کثافت تقریباً ۱ ہوتی ہے اسلئے اقل $\text{لہ} = 2\pi\sqrt{\frac{\text{ت}}{\text{ج}}}$ ت اور ج کی طبعی قیمتیں مصرحہ بالا مساوات میں

درج کرنے سے :۔
ل کی اقل قیمت ۷۱ء۱ سنتی میٹر اور موج کی اقل رفتار ۲۳ سنتی میٹر فی ثانیہ برآمد ہوتی ہے۔ اس اقل طول سے چھوٹے طول کی موجوں کو شعری کہتے ہیں اِس لئے کہ اِن کی پیدائش میں زیادہ تر سطحی تناؤ ہی کو دخل ہے۔

موج کے حیطۂ ارتعاش اَ اور پانی کے عمق ق میں تعلق ۔ طالب علم کی اطلاع کے لئے ا اَ اور ق میں جو تعلق ہوتا ہے اُس کو ہم اس ضابطہ کے ذریعہ ظاہر کرتے ہیں :۔

$$\text{اَ} = \text{ا}\, e^{-\frac{2\pi \text{ق}}{\text{ل}}}$$

جس میں اَ سے مُراد ق عمق کے پانی کے ذرّوں کا حیطۂ اہتزاز اور ا سے مراد سطح پر کے پانی کے ذرّوں کا حیطہ ہے۔ ل طولِ موج اور e نیپیر والے لوکارتم کا اساس یعنے سلسلہ $1 + \frac{1}{1!} + \frac{1}{2!} + \frac{1}{3!} + \frac{1}{4!} + \ldots$ ہے

اِس ضابطہ کا ثبوت معمولی ریاضی کی مدد سے آسان ہے۔ لیکن طوالت کے خوف سے ہم نے اس کو یہاں لکھنا مناسب نہ سمجھا۔

موج کے سلسلہ کی توانائی ۔ یہ دو قسم کی ہوتی ہے

ایک بالحرکت دوسری بالقوہ - توانائی بالقوہ کے دو جزو ہونگے - ایک بوجہ قوت جاذبۂ ارض دوسرا مائع کے سطحی تناؤ کی وجہ سے -

توانائی بالقوہ بوجہ جاذبہ ارض = $\frac{1}{4}\,\text{ج}\,\text{ثہ}\,\text{لہ}\,\text{ا}^{2}$

[ا سے مراد سطح کے پانی کے ذرّے کا حیطۂ ارتعاش ہے]

توانائی بالقوہ بوجہ سطحی تناؤ = $\frac{\text{لہ}\,\text{ت}}{4}\left(\frac{2\pi}{\text{لہ}}\right)^{2}\text{ا}^{2}$

پس پوری توانائی بالقوّہ = $\frac{\text{لہ}}{4}\,\text{ا}^{2}\left\{\text{ج}\,\text{ثہ} + \text{ت}\left(\frac{2\pi}{\text{لہ}}\right)^{2}\right\}$

موج کے سلسلہ کی توانائی بالحرکت کا شمار اس طرح ہوسکتا ہے کہ کسی ایک بہاؤ کی نلی کے سارے ذرّوں کی دائری حرکت کا لحاظ کرکے توانائی بالحرکت معلوم کی جائے - یہی عمل پانی کی سطح سے لیکر سب سے نیچے کی بہاؤ کی نلی کے ذرّوں کے ساتھ (جن کا دائرہ حرکت صفر ہوگا) کیا جائے - ان سب کو جمع کرلینے سے سالم توانائی بالحرکت معلوم ہوجائیگی - اور اُس کی قیمت توانائی بالقوہ کے مساوی ہوگی پس پانی پر سے جب کسی موج کا سلسلہ گزرتا ہے تو اُس کی نصف توانائی بالحرکت ہوتی ہے اور نصف بالقوّہ -

موج کی رفتار اور موجوں کے مجموعہ کی رفتار -

جب کئی موجین جن کے طول میں خفیف فرق ہو کسی مائع پر سے ایک ہی سمت میں گزرتی ہیں تو اُن کی رفتاروں میں بھی خفیف فرق محسوس ہونگے۔ اس وجہ سے اِن موجوں میں تداخل ہوکر ایک نئی شکل پیدا ہوگی کہیں نقلِ مکان کم ہوگا کہیں زیادہ۔ اگر اِس نئی شکل کے کسی خاص مقام پر نظر جمائی جائے تو معلوم ہوگا کہ وہ بھی آگے کو حرکت کرتا ہے لیکن اُس کی رفتار اُن خالص موجون کی رفتارون سے جداگانہ ہے جن کے تداخل سے یہ نئی شکل کا مجموعہ پیدا ہوا۔ معہذا اگر موجیں مسلسل جاری ہوں تو مجموعہ بھی مسلسل ہوگا اور مساوی فاصلوں کے اختتام پر مجموعہ کی شکل دوہرائی جائیگی۔ جب مجموعہ صرف دو قریب قریب مساوی طول اور رفتار کی موجوں کے تداخل سے پیدا ہوتا ہے تو حالت بعینہٖ وہی ہوتی ہے جو موسیقی کی "ضربون" میں پائی جاتی ہے۔ ضربون کے متعلق ہم ایک دوسرے باب میں بحث کرینگے۔ دو موجوں کے مجموعہ کے متعلق یہاں چند ضروری اور اہم باتیں لکھی جاتی ہیں۔

طالب علم کو ذرا سا غور کرنے سے معلوم ہو جائیگا کہ کسی معینہ فاصلہ میں اگر ایسی دو موجوں کا تداخل ہو تو اِس فاصلہ میں تداخل کے پہلے چھوٹی موجوں کی جو تعداد ہوگی اُس میں سے بڑی موجوں کی تعداد کو

تفریق کرنے سے مجموعوں کی تعداد حاصل ہوگی ۔ کیونکہ ہر مجموعہ میں ایک چھوٹی موج زیادہ ہوگی۔ اس لئے اگر چھوٹی موج کا طول (لہ) قرار دیا جائے اور بڑی کا (لہ_1) تو ہر اِکائی فاصلہ میں مجموعوں کی تعداد

$$\left\{ \frac{1}{\text{لہ}} - \frac{1}{\text{لہ}_1} \right\}$$ ہوگی

چونکہ جب کبھی کسی مقررہ مقام پر سے ، بڑی موجوں سے ، چھوٹی موجیں تعداد میں ایک عدد بڑھ کر گزرتی ہیں ، اُس مقام پر سے ایک کامل مجموعہ گزرتا ہے اس لئے کسی مقررہ مدّت میں کسی مقام پر سے جسقدر چھوٹی اور بڑی موجیں گزرتی ہیں اُن کی تعدادوں کا تفاوت ، اُس مقام پر سے اُسی مدت میں گزرنے والے مجموعوں کی تعداد کے مساوی ہے۔

پس اگر چھوٹی موج کی رفتار (ر) اور بڑی کی (ر_1) فرض کی جائے تو ایک مقام پر سے فی ثانیہ $\frac{\text{ر}}{\text{لہ}} - \frac{\text{ر}_1}{\text{لہ}_1}$ مجموعے گزرینگے ۔ اب مجموعہ کی رفتار (ر_2) سمجھو۔ چونکہ فی اِکائی فاصلہ $\frac{1}{\text{لہ}} - \frac{1}{\text{لہ}_1}$ مجموعے ہوتے ہیں ۔ لہذا فاصلہ (ر_2) میں مجموعوں کی تعداد

$$\left\{ \text{ر}_2 \left(\frac{1}{\text{لہ}} - \frac{1}{\text{لہ}_1} \right) \right\}$$ ہوگی ۔لیکن مجموعہ کی رفتار فی ثانیہ (ر_2) ہونے سے ایک ثانیہ میں اتنے ہی مجموعے

یعنی $ر_{،} \left(\frac{1}{ل} - \frac{1}{لَ} \right)$ اُس مقام پر سے ایک ثانیہ کی مدّت میں گزر جائینگے - پس

$$ر_{،} \left(\frac{1}{ل} - \frac{1}{لَ} \right) = \frac{ر}{ل} - \frac{رَ}{لَ}$$

$$\text{یعنی}\quad ر_{،} = \frac{\frac{ر}{ل} - \frac{رَ}{لَ}}{\frac{1}{ل} - \frac{1}{لَ}}$$

$$= \frac{لَ ر - ل رَ}{لَ - ل}$$

اگر موج کی رفتار اور طولِ موج میں حسبِ مساواتِ مندرجہ ذیل نسبت مانی جائے:-

$$ر = م\, ل^{ن}$$

جس میں م ایک مستقل ہے اور ن کوئی ایک عدد اور لَ کے عوض ل + قہ لکھا جائے جہاں قہ سے مراد ایک قلیل مقدار ہے (یعنی لَ اور ل کے تفاوت کو ایک قلیل مقدار قہ مانا جائے) تو

$$ر_{،} = \frac{(ل + قہ)\, م\, ل^{ن} - ل\, م\, (ل + قہ)^{ن}}{قہ}$$

نظریہ ثنائی سے $(ل + قہ)^{ن} = ل^{ن} \left(1 + \frac{قہ}{ل}\right)^{ن}$

$= ل^{ن} \left(1 + ن \frac{قہ}{ل}\right)$ تقریباً

اس لئے کہ $\left(\frac{قہ}{ل}\right)$ ایک چھوٹی مقدار ہے -

پس $ر_{،} = ر\, (1 - ن)$

پانی کی سطح پر قوتِ جاذبۂ ارض سے جو موجیں

پیدا ہوتی ہیں ان کے لئے $ر = \left(\frac{ج\ لہ}{2\pi} \right)^{\frac{1}{2}}$

یعنے ن کی قیمت $\frac{1}{2}$ ہے ۔ اس لئے

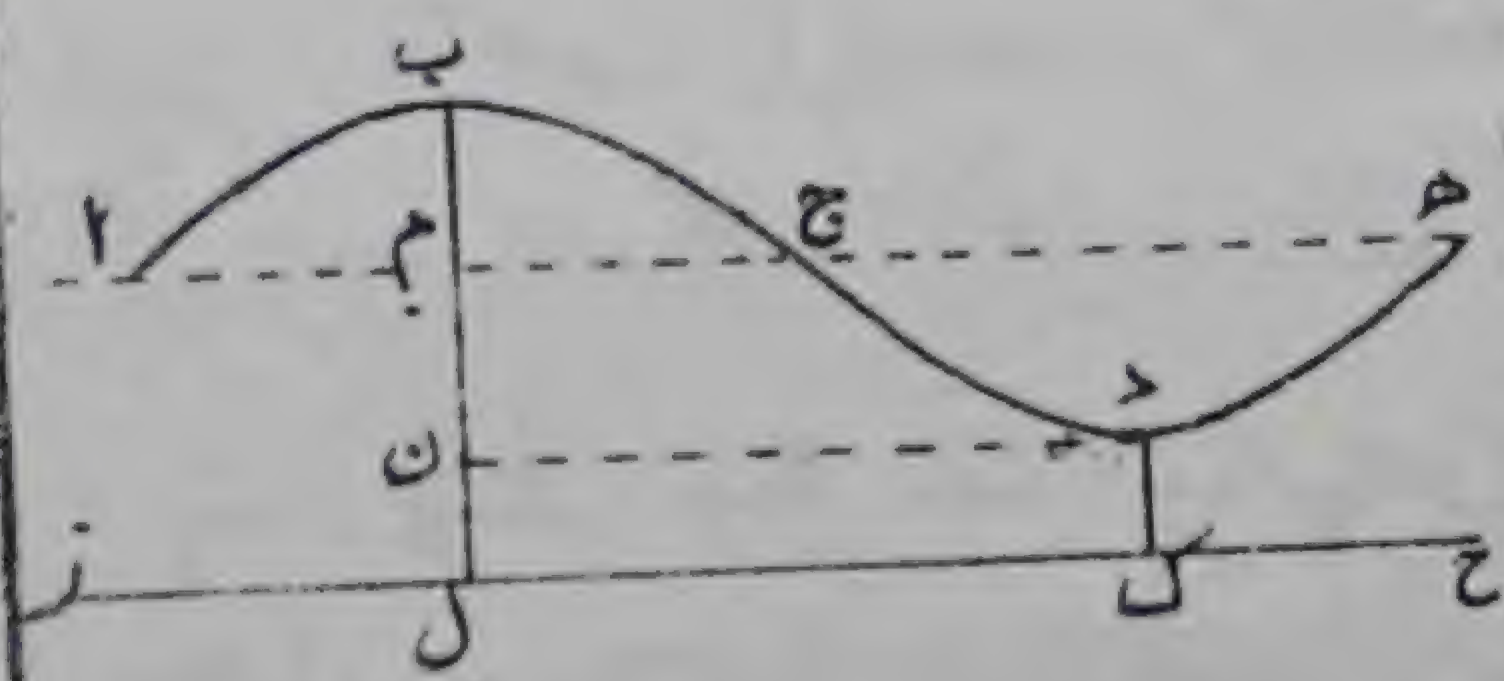
$$رَ = ر\left(1 - \frac{1}{2}\right) = \frac{1}{2}\,ر$$

لہٰذا گہرے پانی کی موجوں کے مجموعہ کی رفتار خالص موج کی رفتار کا نصف ہوتی ہے ۔

جب کوئی کشتی یا بط جھیل پہ تیرتی ہے تو اُس کے دونوں بازو موجوں کے مجموعے چھوٹی چھوٹی ٹیڑہی قطاروں کی شکل میں دکھائی دیتے ہیں ۔ اِس وجہ سے ان مجموعوں کے لئے " زدبانی موج " کا نام موزوں ہوتا ہے ۔ موجوں کے مجموعوں کی خصوصیات پہلے سر جارج سٹوکس نے معلوم کی تہیں ۔ بعد میں لارڈ ریلے متوفی اور پروفیسر اوسبورن رینالڈز نے اِن کے مسائل کی دقیقیں حل کیں ۔ روشنی کی رفتار کے مسائل میں بھی موجوں کے مجموعہ کی بحث دلچسپ ہے ۔

کم عمیق پانی ۔ نالوں ۔ کی موجیں

ا ب ج د ہ شکل (۵َ) کو ایک کم عمیق پانی کی موج فرض کرو ۔ ز ح پانی کی تہ ہے ۔ موج سے پہلے پانی کی سطح ا ہ تھی ۔ پہلے کی طرح موج کی رفتار (ر)

شکل (۵َ)

مان کر اُس کے مساوی رفتار مخالف سمت میں دیکر سارے پانی کو قائم کردو - پانی کے عمق م ل کو اختصار کے طور پر (ق) کہو - اور اس کی عام سطح سے اَوج کی بلندی یا حضیض کی گہرائی کو ا تصور کرو -

واضح ہے کہ دک = ق - ا اور ب ل = ق + ا

چونکہ عمق کم ہے اس لئے پانی کے تمام ذرّے جو ایک ہی انتصابی خط میں واقع ہونگے اُن کی افقی رفتار مساوی ہوگی - سارے پانی کو فرضی رفتار (- ر) دینے سے پہلے خط ب ل پر کے ذرّوں کی رفتار کو ر، قرار دو - ایسی صورت میں خط دک پر کے ذرّوں کی رفتار اس کے مخالف سمت میں وہی ر، ہوگی یعنے (- ر،) ہوگی - تمام پانی کو رفتار (- ر) دینے کے بعد واضح ہے کہ ب ل پر کے ذرّوں کی رفتار (ر، - ر) ہوتی ہے اور دک پر کے ذرّوں کی (- ر، - ر) -

شکل ا ب ج د ھ کو اُسکے متوازی کاغذ کے اوپر عموداً اکائی فاصلہ اوپر سرکانے سے موج کی جو قاش بنیگی، دیکھو اُس کے مختلف مقاموں پر سے پانی مستقل حجم میں بہیگا - اس لئے کہ ہم نے موج کو قائم کردیا ہے یعنے ب کے پاس ہمیشہ اَوج اور د کے پاس حضیض ہوتا ہے - پس خط ب ل پر سے فی ثانیہ گزرنے والے پانی کا حجم (ر، - ر) (ق + ا) اور خط

دگ پر سے فی ثانیہ گزرنے والے پانی کا حجم دونوں
مساوی ہونا چاہئے - یعنے

(ر۱ - ر) (ق + ۲) = - (ر۱ + ر) (ق - ۱)

∴ ر ۲ = ر۱ق

مفروضہ (- ر) رفتار کی وجہ سے جب پانی سیدھے
جانب سے بائیں طرف کو جاتا ہے اکائی حجم اُس کا
مقام (د) سے جب (ب) پر پہنچتا ہے تو اُس کی
توانائی بالحرکت میں کمی ہوتی ہے اور توانائی بالقوّہ میں
زیادتی - د کے پاس اُس کی توانائی بالحرکت $\frac{1}{2}$ (ر۱ - ر)^۲ ہے
اور ب کے پاس $\frac{1}{2}$ (ر۱ - ر)^۲ - پس دونوں میں
تفاوت

$\frac{1}{2}$ {ر۱^۲ + ۲ ر۱ر + ر^۲ - (ر۱^۲ - ۲ ر۱ر + ر^۲)} ہے

یعنے ۲ ر۱ر ہے

اور توانائی بالقوّہ میں زیادتی بقدر ۲ ا ج ہے -
چونکہ پانی کی سطح پر سب جگہ دباؤ تقریباً ایک ہی ہے
اِس لئے -

۲ ر۱ر = ۲ ا ج

لیکن قبل ازیں ثابت ہوا ہے کہ ر ۲ = ر۱ق -

∴ ر^۲ = ج ق

واضح ہو کہ جب کوئی بے سہارا چیز زمین کی
کشش سے گرتی ہے تو فاصلہ (ق) نیچے اُتر آنے کے

لیکن اُس کی رفتار (ر) حسب ضابطہ ذیل ہوتی ہے

ر^۲ = ۲ ج ق

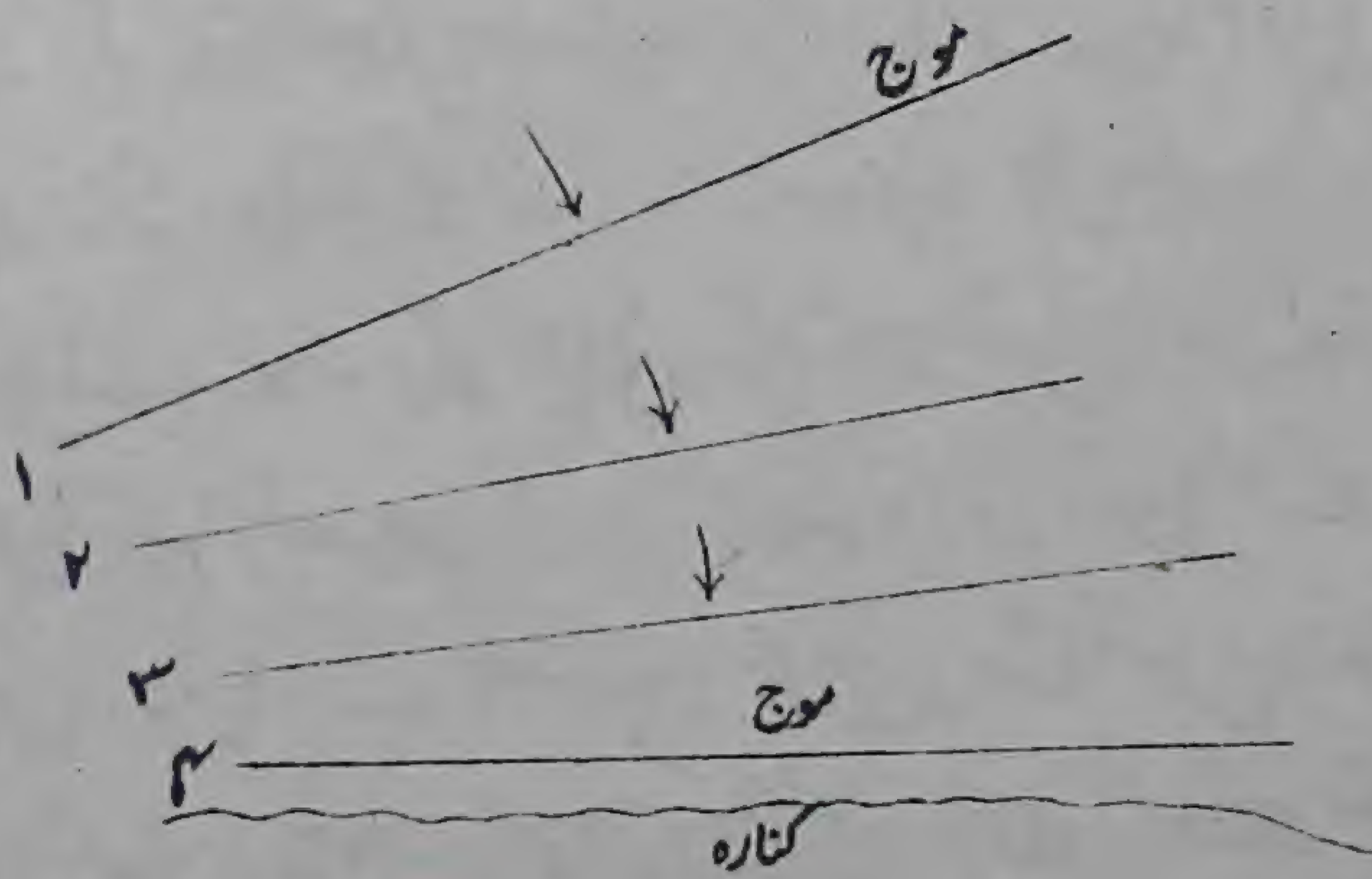
پس کم عُمق کے پانی میں موج کی رفتار اتنی ہی ہوتی ہے جتنی ایک بے سہارا چیز کی، جبکہ وہ حالتِ سکون سے پانی کے نصف عمق برابر فاصلہ انتصابی سمت میں، طے کرتی ہے۔

موج کِنارے کی طرف آتی ہے تو پانی کی گہرائی میں کمی ہوتی جاتی ہے۔ چونکہ اَوج کے پاس پانی کی گہرائی زیادہ ہوتی ہے اور حضیض کے پاس کم اور کم عمق کے پانی میں موج کی رفتار صرف عمق ہی کے تابع ہوتی ہے اس لئے اَوج کے پاس موج کی رفتار تیز ہوتی ہے اور حضیض کے پاس کم۔ پس ایسی حالت میں اوج کے پاس پانی کنارے کی طرف زیادہ مائل ہونے لگتا ہے اور بالآخر جب موج کنارے سے قریب ہو جاتی ہیں تو ایک ایسا مقام آتا ہے جہان موجین ٹوٹ جاتی ہیں اور اَوج کا پانی حضیض میں ایک دائری شکل میں گر پڑتا ہے جو نہایت خوشنما ہوتا ہے۔

موج کی رفتار کم عمق کے پانی میں محض عُمق کے تابع ہونے کی وجہ سے ایک اور دلچسپ بات دیکھنے میں آتی ہے۔ اگر کنارے سے دُور موج کا رُخ

(چہرہ) کنارے کے متوازی نہیں بلکہ ایک معتد بہ زاویہ پر مائل بھی ہو تو جوں جوں موج کنارے کے نزدیک پہنچتی ہے زاویہ میلان گھٹتے جاتا ہے اور بالآخر موج کنارے کے متوازی ہوجاتی ہے (دیکھو شکل ۶) - اسلئے کہ موج کا جو حصّہ کم عمیق پانی میں رہتا ہے اُس کی رفتار کم ہوتی ہے - زیادہ عُمق کے پانی میں جو حصّہ ہوتا ہے زیادہ تیز حرکت کرکے موج کے رُخ کو بتدریج کنارے کے متوازی بنا دیتا ہے -

یہہ عمل "انعطاف" کے مشابہ ہے - اسلئے اُسکو پانی کی موجون کا انعطاف کہہ سکتے ہین -

موج
۱
۲
۳
موج
۴
کنارہ

شکل (۶)

نوٹ (۱) شعری موجوں سے متعلق بعض نہایت دلچسپ تجربے آسانی کے ساتھ کئے جا سکتے ہیں - موجوں کے

تداخل کا ذکر پانچویں باب میں آئے گا وہاں چند مفید تجربے بتائے جائینگے - اِس موقعہ پر ایک نہایت سلیس تجربہ بیان کیا جاتا ہے جس سے یہ ثابت ہوتا ہے کہ جوں جوں شعری موجوں کا طولِ موج گھٹتا ہے اُن کی رفتار تیز ہوتی جاتی ہے:-

پانی کے حوض پر ایک باریک چھڑی کو انتصابی وضع میں پکڑے رہو اِس طرح پر کہ چھڑی کا نیچے والا سِرا پانی میں رہے - پھر چھڑی کو کسی ایک سِمت میں حرکت دو اِس حرکت سے پانی کی سطح پر چھڑی کے سامنے قائم موجیں پیدا ہونگی - چھڑی جتنا جلد حرکت کریگی یہ شعری موجین (یا لہریں) بھی اتنا ہی جلد آگے کو بڑھینگی - لیکن ساتھ ہی ان کا طولِ موج چھوٹا ہوتے جائیگا -

نوٹ ۲ - گو پانی کی موجیں ہر کوئی دیکھتا ہے لیکن اُن کی خصوصیات سمجھنے اور اُن کے نکات معلوم کرنے میں دنیا کے مشہور ترین سائنس اور ریاضی دانوں نے حصہ لیا ہے - موجوں کی رفتار کے متعلق سب سے پہلے لاپلاس نے تحقیقات کی تھی - جاذبۂ ارض اور سطحی تناؤ کی موجوں میں امتیاز لارڈ کِلوِن نے سب سے پہلے کیا - طوالت کے خوف سے اب یہ مضمون ختم کردیا جاتا ہے - لیکن طالبِ علم کو یاد رکھنا چاہئے کہ طبیعیات

میں زیادہ تر توانائی کے تغیّر و تبدل سے بحث کی جاتی ہے اور توانائی کسی واسطہ میں بھی ایک مقام سے دوسرے مقام تک اکثر موجی حرکت کے ذریعہ منتقل ہوتی ہے۔ اس لئے موجی حرکت سے بخوبی واقف ہونا طبیعیات کے طالبِ علم کا پہلا فرض ہے۔]

تیسرے باب کی مشقیں

(۱)۔ عرضی اور طول موجوں میں کیا فرق ہے سمجھاؤ۔ آواز کی موج عرضی ہے یا طولی؟

(۲)۔ طولِ موج اور تعدّد ارتعاش کی تشریح کرو۔ سُر پیدا کرنے کا ایک دو شاخہ جب مرتعش ہوتا ہے تو ہوا میں ۲ ½ فٹ طول کی موجیں بنتی ہیں۔ اگر ان موجوں کی رفتار فی ثانیہ ۱۱۰۰ فٹ ہو تو دو شاخہ کا تعدّدِ ارتعاش کیا ہے؟

(۳)۔ بتاؤ ایک عرضی موج کی تعبیر منحنی کے ذریعہ سے کس طرح ہوسکتی ہے۔ اور اس منحنی سے کسی ذرّے کی رفتار (جو موج کے راستہ میں واقع ہو) کیونکر دریافت کی جاسکتی ہے؟

(۴)۔ ایک طولی موج کو جیبی منحنی کے ذریعہ

سمجھانے کا طریقہ بیان کرو۔ نقلِ مکان والے منحنی اور پچکاؤ (یا دباؤ) والے منحنی میں کیا امتیاز ہے؟

(۵)۔ ایک گائن کا قرص جس پر ۴۰ سوراخوں کی ایک دائری قطار بنائی گئی ہے یکساں رفتار کیساتھ ا دقیقہ ۲۴ ثانیہ میں ۵۰۰ بار گھومتا ہے۔ دریافت کرو اُس کے سُر کا تعدّد کیا ہے اور ہوا میں اُس سُر کا طولِ موج کتنا، جبکہ آواز کی رفتار ہوا میں ۳۴۰۰۰ سم فی ثانیہ ہے؟ [ل۔ی]

(۶)۔ تعدّدِ ارتعاش اور طولِ موج کی تصریح کرو۔ شکلیں کھینچکر بتاؤ ایک پچکاؤ کی موج اور ایک اُسی تعدّد اور طولِ موج کی عرضی موج کی خاصیت میں کیا فرق ہے؟ [ل۔ی۔]

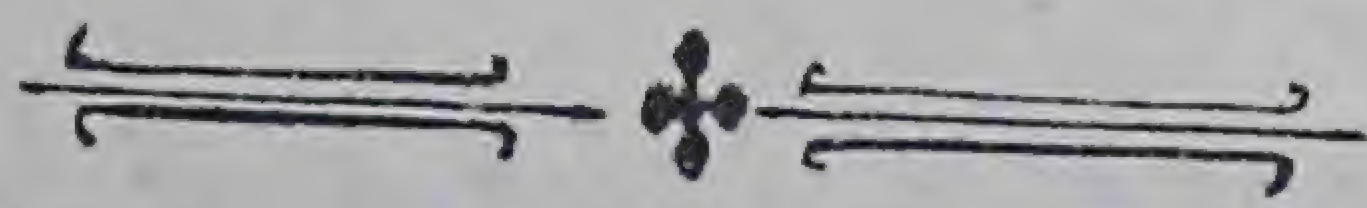
(۷)۔ ہوا میں آواز کی موجوں سے متعلق تعدّدِ ارتعاش، حیطہ ارتعاش اور طولِ موج کی اصطلاحوں کی تعریف کرو اور اُن کا مفہوم سمجھاؤ۔ ان کی مقداروں میں اگر تغیّر پیدا ہوں تو سننے والا اُن کو کس طور سے محسوس کریگا؟

آواز کی سب سے چھوٹی موج جو سنائی دیتی ہے اس کا طول تقریباً ۱٫۸ سم ہے اور بڑی سے بڑی مسموع موج کا طول تقریباً ۹۰۰ سم۔ بتاؤ اِن دونوں صورتوں میں تعدّدِ ارتعاش کیا ہیں۔ اور اِنمیں

کتنے سرگم کا بُعد ہے۔
آواز کی رفتار ہوا میں ۳۳۰۰۰ سم فی ثانیہ شمار کی جائے۔ [ل - ی]

(۸)۔ جب آواز ہوا میں منتقل ہوتی ہے تو کِس نوع کا ارتعاش ہوتا ہے تفصیل سے اِس پر بحث کرو۔

ارتعاش کی کن خصوصیات کے باعث موسیقی سُر میں امتداد، حدّت اور کیفیت کا امتیاز ہوتا ہے بیان کرو۔ [ل - ی۔]

چوتھا باب

آواز کی موجیں - اُن کی رفتار وغیرہ

آواز کی موجوں کی رفتار - ہوا میں صرف ایک قسم کی لچک ہے - یہ حجم کی لچک کہلاتی ہے - اس لئے ہوا میں صرف دباؤ یا پچکاؤ کی موجیں منتقل ہوسکتی ہیں- اِن موجوں کی رفتار دریافت کرنا ضروری ہے-اِس کے دو طریقے ممکن ہیں:- ایک طریقہ یہ ہے کہ ہوا کی معلوم لچک اور کثافت کے ذریعہ حسابی عمل سے اُس کو اخذ کیا جائے - دوسرا یہ کہ راست تجربہ کرکے اُس کو دریافت کرلیا جائے-

ہر شخص کو اس کا علم ہے کہ ہوا میں آوز کی موجون کی رفتار غائت درجہ تیز نہیں ہوتی - اگر ذرا دُور کے فاصلہ پر کوئی شخص ہتوڑی سے کچھ ٹھونک رہا ہو تو

دیکھنے والے کو پہلے ہتوڑی گرتی ہوئی دکھائی دیگی اور اس کے کچھ دیر بعد ہتوڑی کے ضرب کی آواز سنائی دیگی۔ دونوں آدمیوں میں جتنا فاصلہ زیادہ ہوگا اتنا ہی زیادہ ضرب کے نظر آنے اور آواز سنائی دینے میں دیر لگے گی۔ بجلی چمکنے کے بعد گرجنے کی آواز محسوس ہوتی ہے اور بجلی کے چمکنے کا مقام مشاہدے کے موقع سے جس قدر دور ہوتا ہے اُسی قدر دیر کے بعد گرجنے کی آواز سنائی دیتی ہے۔

توپ سَر کرکے ہَوا کی رفتار دریافت کرنے کا طریقہ۔ کچھ دُور پر ایک توپ سَر کرکے شعلہ کی جھلک دیکھنے اور آواز کے سننے میں جو وقت صرف ہوتا ہے اس کو کافی احتیاط سے ناپ کر کئی مرتبہ ہَوا کی رفتار کی تعیین ہوئی ہے۔ اگرچہ یہ طریقہ اصول کے لحاظ سے آسان ہے اس کے عمل میں متعدد خطائیں سرزد ہوتی ہیں۔

(۱)۔ ہَوا کا (یعنے ہَوا چلنے کا) اثر۔ جب ہَوا چلتی ہے یعنے اُس کی ساری کمیت ایک مقام سے دوسرے مقام کو جاتی ہے زمین کی نسبت آواز کی موجوں کی اضافی رفتار اُس کے ہَوا میں شائع یا منتقل ہونے کی شرح سے جُداگانہ ہے۔ اگر بالفرض ہَوا توپ کی سمت سے دیکھنے والے کی طرف چل رہی ہے تو مشاہدے سے آواز کی جو رفتار ماخوذ ہوگی اصل رفتار سے بقدر ہَوا کی رفتار کے بڑھ کر ہوگی۔ اگر ہَوا اس کے مخالف سمت میں

چلتی ہے تو آواز کی رفتار اصل رفتار سے اتنا ہی کم شمار ہوگی۔ اگر ہوا چنداں تیز نہ چلتی ہو تو اُس کا اثر ساقط کرنے کے لئے باری باری سے دونوں سمتوں میں آواز کی رفتار ناپی جا سکتی ہے۔ یعنے ایک مقام سے ایک شخص توپ سر کرتا ہے۔ دور ایک دوسرے مقام پر ایک دوسرا شخص دیکھتا ہے کہ توپ سے شعلہ نکلنے کے کتنی دیر بعد اُس کو آواز سنائی دیتی ہے۔ پھر وہ خود اپنے مقام سے ایک دوسری توپ چلاتا ہے اور پہلے مقام والا شخص دیکھتا ہے کہ کتنی دیر بعد اُس کے پاس آواز پہنچتی ہے ان دونوں مشاہدوں کے ذریعہ جو اوسط رفتار نکل آئیگی صحیح رفتار ہوگی۔ جب ہوا کے چلنے کی سمت اور مشاہدے کے مقاموں کو ملانے والے خط میں میل واقع ہوتا ہے تو صحیح رفتار کے شمار میں پیچیدگی بڑھ جاتی ہے۔ لیکن دونوں مشاہدوں سے جو رفتاریں دریافت ہوتی ہیں اُن کے سادے حسابی اوسط سے قریب قریب صحیح قیمت برآمد ہوتی ہے۔ صرف اُس صورت میں نتیجہ مشتبہ ہو جاتا ہے جبکہ ہوا کی رفتار بہت تیز ہوتی ہے۔

(۲) شخصی مساوات۔ اِن مشاہدوں میں وقت کی تعیین یا چلنے گنی گھڑی کے ذریعہ سے ہوتی ہے، یا "وقت پیما" کے ذریعہ، یا سب سے بہتر "وقت نگار" کے

ذریعہ جو گھڑیال کی طرح چالو ہو (پہلے باب کا آخری صفحہ ملاحظہ ہو)۔ لیکن مشاہدہ کرنے والے کو توپ کے شعلہ کی چمک کا احساس ہوکر قلمبند کئے جانے کے لئے جو وقت یا مدّت درکار ہے اور توپ کی آواز کا احساس ہوکر قلمبند کئے جانے کے لئے جو وقت چاہئے دونوں نا مساوی ہوتے ہیں۔ اس لئے ایک دوسری خطا پیدا ہوتی ہے۔ اس خطا کا نام مشاہدہ کرنے والے کی "شخصی مساوات" رکھا گیا ہے۔ اور وہ مختلف شخصوں کے لئے مختلف ہے۔ پس مصرحہ بالا طریقہ سے آواز کی رفتار معلوم کرنے کے لئے اِس بات کی ضرورت ہوتی ہے کہ علٰحدہ تجربے کرکے دونوں مشاہدے کرنے والوں کی شخصی مساواتوں کی تعیین کرلی جائے اور اُن کے لحاظ سے مشاہدہ کی تصیحح عمل میں آئے۔

(۳) ہَوا کی تپش اور اُس کی مرطوبیت کا اَثر۔ آواز کی رفتار ہَوا کی تپش اور کثافت کے تابع ہے۔ اس کے متعلق تفصیل کے ساتھ آگے چلکر لکھا جائیگا۔ پس ضرور ہے کہ مشاہدات کی تصیحح کرکے خشک (یعنے مرطوبیت سے پاک) ہَوا میں آواز کی رفتار صفر درجہ مئی تپش کی حالت میں دریافت ہو۔

اس طرح بہترین مشاہدوں کے ذریعہ راست طور پر تجربہ کرکے آواز کی جو رفتار دریافت ہوئی ہے اوس کی اوسط قیمت صفر درجہ مئی کی حالت میں ۳۳۲ میٹر فی ثانیہ ہے۔

آواز کی رفتار نلیوں میں ۔ متعدد سائنس دانوں نے تجربہ کرکے نلیوں میں آواز کی رفتار دریافت کی ہے۔ اِن میں ریینو کے تجربے سب سے زیادہ مشہور ہیں۔ ریینو نے مکانیکل (حیلی) طریقوں سے وقت ناپ کر شخصی مساوات کی خطا سے بچنے کی کوشش کی۔ بندوق کے منہ پر ایک تار تانا گیا تھا جو ایک برقی حلقہ (یعنے ایک حلقہ جس میں سے برقی رَو گزر رہی تھی) کا جزو تھا۔ حلقہ میں ایک 'وقت نگار' بھی شریک تھا۔ جب بندوق فیر ہوئی تار اور اُس کیساتھ برقی حلقہ ٹوٹ کر 'وقت نگار' کے گردش کرنے والے پَردے پر ایک نشان پڑگیا (جیسا کہ پہلے باب کے آخر حصہ میں سمجھایا گیا ہے)۔ آواز 'وصول' ہونے کے مقام پر موجین ایک مخروط میں جمع ہوکر ایک اسطوانہ میں داخل ہوئیں۔ اسطوانہ کے دوسرے سرے پر ربڑ کی ایک جھلّی تانی گئی تھی۔ بندوق کی آواز اسطوانہ میں داخل ہوکر تکثیف کی موج جھلّی کو آگے کی طرف ہٹادی جس سے ایک دوسرا برقی حلقہ مِل کر (یا ٹوٹ کر) اسی 'وقت نگار' کے پَردے پر جس پر پہلے بندوق کے فیر ہوتے ہی ایک نشان کیا گیا تھا ایک دوسرا نشان پڑگیا۔ اِس تجربہ میں بھی 'درحقیقت شخصی مساوات' ساقط نہیں ہوتی ہے۔ اِس لئے کہ شخصی مساوات کی اصل وجہ طبیعی اسباب ہیں۔ انسان کے دیکھنے اور سننے سے متعلق جو شخصی مساوات پیدا ہوتی ہے اُس کے

باعث بھی، ایک حد تک یہی طبیعی اسباب ہیں۔ اس تجربہ میں جبلی ذرائع سے وقت ناپنے کا جو انتظام ہوا ہے اسمیں ایک جگہ تار ٹوٹ کر برقی حلقہ ٹوٹتا ہے اور دوسری جگہ جھلی پر دباؤ پڑ کر حلقہ ٹوٹتا یا ملتا ہے۔ پس اُن کے طبیعی اسباب علیحدہ ہیں اور اسی لئے شخصی مساوات کا پورا انسداد نہیں ہوتا ہے تاہم انسانی مشاہدوں کی بہ نسبت اِن میں اختلاف کم پایا جائیگا۔

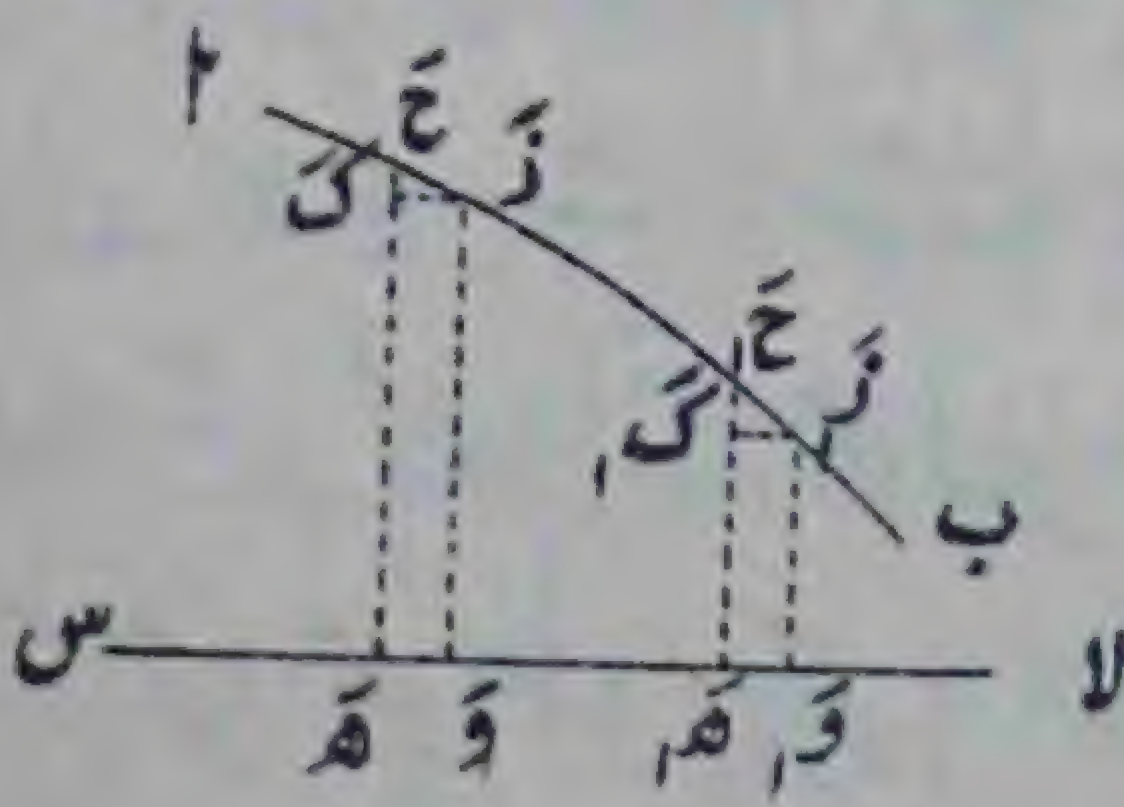
ریِنیو نے اپنے تجربوں سے یہ نتیجہ ماخوذ کیا کہ آواز کی موجوں کی حدّت جب بڑھتی ہے تو اُن کی رفتار میں بھی ترقی ہوتی ہے۔ حدّت جوں جوں گھٹتی جاتی ہے رفتار میں بھی کمی واقع ہوتی ہے لیکن ایک حد پر پہنچکر رفتار مستقل ہو جاتی ہے۔ ریِنیو نے یہ "انتہائی" رفتار ضعیف آوازوں کے لئے کھلی ہَوا میں صفر درجہ مئی پر ۶ء۳۳۰ میتر فی ثانیہ دریافت کی۔

نلیوں میں رفتار کا تجربہ کرنے سے معلوم ہوا کہ تقریباً ایک میتر قطر تک نلی کے قطر کا رفتار پر اثر ہوتا ہے۔ جب نلی اِس سے زیادہ کشادہ ہوتی ہے تو آواز کی رفتار اس میں وہی ہوتی ہے جو کھلی ہَوا میں ہوتی ہے۔ ۸ء۱۰ سم قطر والی نلی میں رفتار ۲۵ء۳۲۴ میتر فی ثانیہ دریافت ہوئی۔ اس سے تنگ نلیوں میں رفتار اور بھی کم پائی گئی۔

آواز کی رفتار کا شمار نظری طریقہ سے - دباؤ یا پھیکاؤ کی موج کی رفتار واسطۂ موج کی لچک اور اُسکی کثافت معلوم کرنے سے شمار ہوسکتی ہے - واسطہ کے کسی چھوٹے حصّہ کی حرکت کی تعیین ذیل کے اساسی ضابطہ سے معلوم ہوتی ہے:-

$$\text{قوّت} = \text{کمیت} \times \text{اِسراع}$$

شکل (۳۱) میں فرض کرو ا ب سے مراد عام طور پر کسی پھیکاؤ کے نقلِ مکان کا منحنی ہے - باب سوم میں صفحہ ۶۵ پر یہ ثابت کیا گیا تھا کہ گیس کے ایک پتلے طبق (ھ وَ) کا حجمی فساد

$$\frac{\text{حَ کَ}}{\text{کَ زَ}}$$ ہے -

شکل ۳۱
نقلِ مکان کا منحنی

کتاب کے حصّہ اول باب ۱۲ میں طالبعلم نے دیکھا ہے کہ

$$\text{حجمی لچک کا مقیاس} = \frac{\text{زور}}{\text{فساد}} = \text{م}$$

$$\text{لیکن فساد} = \frac{\text{حَ کَ}}{\text{کَ زَ}}$$

$$\therefore \text{زور} = \text{م} \left(\frac{\text{حَ کَ}}{\text{کَ زَ}} \right)$$

اسی طرح موقعہ ھَ دَ کے پاس زور = م (حَ۱ کَ۱ / کَ۱ ذ۱)

لیکن زور سے مقصود عام واسطہ کے طبعی دباؤ سے کسی موقعہ پر کے دباؤ کی زیادتی ہے۔ اِس لئے ھَ وَ کے پاس دباؤ کی زیادتی۔

د = م (حَ کَ / کَ ذَ)

اور ھَ۱ وَ۱ کے پاس کے دباؤ کی زیادتی د۱ = م (حَ۱ کَ۱ / کَ۱ ذ۱)

∴ ھَ دَ اور ھَ۱ دَ۱ پر کے دباؤں میں فرق۔

د - د۱ = م (حَ کَ / کَ ذَ - حَ۱ کَ۱ / کَ۱ ذ۱)

اب سمتِ اشاعت موج (س لا) کے متوازی اِکائی تراش عمودی کی گیس کی ایک نلی پر غور کرو۔ ھَ اور ھَ۱ کے درمیان گیس کا جو طبق ہے اُس کے ھَ کے پاس کے سِرے پر ایک قوّت (د) عمل کر رہی ہے اور اُس کے ھَ۱ کے پاس کے سِرے پر ایک دوسری مخالف قوّت (د۱) عامل ہے۔ پس اِس طبق پر حاصلِ قوّت (د - د۱) عامل ہے۔ معہذا اِس طبق کی گیس کی کمیت یعنی حجم × کثافت = ھَ ھَ۱ × ث

مگر قوت = کمیت × اسراع

∴ د - د۱ = ھَ ھَ۱ × ث × اسراع

$$\therefore \text{اسراع} = \frac{\text{د} - \text{د}_1}{\text{ھَ ھَ}_1 \times \text{ث}} = \frac{\text{م}\left(\frac{\text{حَ کَ}}{\text{کَ زَ}} - \frac{\text{حَ}_1\text{کَ}_1}{\text{کَ}_1\text{زَ}_1}\right)}{\text{ھَ ھَ}_1 \times \text{ث}}$$

$$= \frac{\text{م}}{\text{ث}} \; \frac{\left(\frac{\text{حَ کَ}}{\text{کَ زَ}} - \frac{\text{حَ}_1\text{کَ}_1}{\text{کَ}_1\text{زَ}_1}\right)}{\text{ھَ ھَ}_1} \ldots\ldots (۱)$$

فرض کرو موج کی اشاعت کی رفتار سمت $\overline{\text{س لا}}$ میں (ر) ہے۔ تو موج فاصلہ ھَ وَ طے کرنے کے لئے مدّت $\frac{\text{ھَ وَ}}{\text{ر}}$ ہوگی۔ اتنی دیر میں ھَ یا وَ کے پاس کے نقلِ مکان میں بقدر (ھَ حَ ۔ وَ زَ) یعنے حَ کَ تبدیلی ہوتی ہے۔

$$\therefore \text{ھَ وَ کے پاس کے ذرّوں کی رفتار (د)} = \frac{\text{حَ کَ}}{\frac{\text{ھَ وَ}}{\text{ر}}}$$

$$\therefore \text{د} = \text{ر} \; \frac{\text{حَ کَ}}{\text{ھَ وَ}}$$

$$\text{اور ھَ}_1\text{ وَ}_1\text{ کے پاس کے ذرّوں کی رفتار (د}_1\text{)} = \text{ر} \; \frac{\text{حَ}_1\text{کَ}_1}{\text{ھَ}_1\text{وَ}_1}$$

پس جس مدّت میں موج ھَ وَ سے ھَ₁ وَ₁ تک پھنچتی ہے واسطہ کے ذرّے کی رفتار د کے بجاے د₁ ہو جاتی ہے۔ یہ مدت $\frac{\text{ھَ ھَ}_1}{\text{ر}}$ ہے

$$\text{پس ذرّے کا اسراع} = \frac{\dfrac{ر - ر_1}{ھَ\ ھَ_1}}{س} = س\,\frac{ر - ر_1}{ھَ\ ھَ_1}$$

$$= \frac{س}{ھَ\ ھَ_1} \cdot س \left(\frac{حَ\ کَ}{ھَ\ دَ} - \frac{حَ_1\ کَ_1}{ھَ_1\ دَ_1} \right)$$

$$= س^2 \; \frac{\left(\dfrac{حَ\ کَ}{ھَ\ دَ} - \dfrac{حَ_1\ کَ_1}{ھَ_1\ دَ_1} \right)}{ھَ\ ھَ_1} \ldots (۲)$$

اسراع کے لئے جو جملے (۱) اور (۲) ماخوذ ہوئے ہیں ان کو مساوی لکھنے سے

$$س^2 = \frac{م}{ث}$$

$$\text{یا}\quad س = \sqrt{\frac{م}{ث}}$$

آواز کی رفتار دباؤ اور کثافت کی رقموں میں۔ آواز کی رفتار کے لئے ہم نے اوپر جو مساوات لکھی ہے یعنی $س = \sqrt{\dfrac{\text{لچک کا معیار}}{\text{کثافت}}}$ پہلے نیوٹن نے اس کو ثابت کیا۔ اس نے ہوا کی لچک کے لئے کُرہ ہوائی کے دباؤ کی قیمت (مطلق اِکائیوں میں) مان لی۔ اس لئے کہ اگر ہوا کی کسی کمیت کا دباؤ ($د_1$) اور حجم ($ح_1$) ہو اور تپش کو مستقل رکھ کر دباؤ اور حجم میں خفیف تبدیلی پیدا کی جائے

جس سے دباؤ ($د_۲$) اور حجم ($ح_۲$) ہو جائے تو
ازروئے کلیۂ بائل $د_۱ ح_۱ = د_۲ ح_۲$
دیکھو ($د_۲ - د_۱$) زور ہے جس کی وجہ سے فساد $\frac{ح_۱ - ح_۲}{ح_۱}$ پیدا ہوتا ہے۔ پس حجمی لچک کا معیار

$$م = \frac{\text{زور}}{\text{فساد}} = \left(\frac{د_۲ - د_۱}{ح_۱ - ح_۲}\right) ح_۱ = \frac{د_۲ ح_۱ - د_۱ ح_۲}{ح_۱ - ح_۲}$$

پس بجائے $د_۱ ح_۱$ کے $د_۲ ح_۲$ لکھنے سے

$$م = \frac{د_۲ ح_۱ - د_۲ ح_۲}{ح_۱ - ح_۲} = د_۲$$

پس لچک کے لئے مطلق دباؤ کی قیمت لی جا سکتی ہے بشرطیکہ ہوا کی تپش مستقل رہی ہو۔
جب ہوا کی تپش صفر درجہ مئی ہوتی ہے دباؤ
(د) = ۱۳٫۶ × ۷۶ × ۹۸۱ ڈائین فی مربع سم اور
کثافت (ث) = ۰٫۰۰۱۲۹ گرام فی مکعب سم

$$\therefore \text{آواز کی رفتار} = ر = \sqrt{\frac{۹۸۱ \times ۷۶ \times ۱۳٫۶}{۰٫۰۰۱۲۹}} = ۲۸۱۰۰۰ \text{ سم فی ثانیہ}$$

واضح ہے کہ یہ قیمت بہت کم ہے۔ حقیقی رفتار اور اِس رفتار میں جو فرق ہے اُس کی وجہ لاپلاس نے بتائی۔ جب آواز کی موجیں ہوا میں سے گزرتی ہیں تو اُس میں تکثیف و تلطیف اس قدر جلد جلد واقع ہوتی ہے کہ تکثیف سے

ہَوا کی تپش میں زیادتی، اور تلطیف سے جو کمی پیدا ہوتی ہے ایصال کے ذریعہ اُن کے زائل ہونے کے لئے وقت نہیں ملتا ہے۔ جب کوئی گیس اس طرح پھیلتی یا سکڑتی ہے کہ اُس میں نہ تو باہر سے ہوا داخل ہوسکتی ہے اور نہ اُس میں کی ہوا باہر نکل سکتی ہے تو کہا جاتا ہے کہ گیس کی حالت میں "حرنا گزار" تغیّر پیدا ہوا۔ ایسی صورت میں بائل کا کلیّہ صادق نہیں آتا۔ بلکہ دباؤ اور حجم کا تعلق ضابطہ ذیل سے ادا ہوتا ہے جو کتاب کے حصّہ دوم کے پینتیسویں باب میں سمجھایا گیا ہے:۔

$$د_١ ح_١^{٢} = د_٢ ح_٢^{٢}$$

جہاں (٢) = $\frac{\text{گیس کی حرارتِ نوعی مستقل دباؤ کی حالت میں}}{\text{" " " حجم کی حالت میں}}$

ہَوا کے لئے اِس نسبت کی قیمت ١٫٤١ ہے۔
دباؤ کے حجم کے اِس تعلق کو اِس شکل میں لکھ کر

$$د_١ ح_١^{٢} = د_٢ (ح_١ - ح_١ + ح_٢)^{٢}$$

یعنے " $= د_٢ ح_١^{٢} \left(١ - \frac{ح_١ - ح_٢}{ح_١}\right)^{٢}$

مساوات کے بائیں جانب کے جملہ کو نظریۂ ثنائی کے ذریعہ پھیلانے سے ہمیں حاصل آتا ہے:۔

$$۱ - ۷ \frac{ح_۱ - ح_۲}{ح_۱} + \frac{۷(۷-۱)}{۱ \times ۲} \left(\frac{ح_۱ - ح_۲}{ح_۱}\right)^۲ + \ldots\ldots$$

لیکن اگر حجم کا تغیر یعنے $ح_۱ - ح_۲$ نہایت خفیف ہو تو مصرحہ بالا جملہ کی تیسری اور اُس کے بعد کی ساری رقمیں ناقابل لحاظ ہو جاتی ہیں۔

$$\therefore د_۱ = د_۲ \left(۱ - ۷ \frac{ح_۱ - ح_۲}{ح_۱}\right)$$

یا
$$ح_۱ \left(\frac{د_۲ - د_۱}{ح_۱ - ح_۲}\right) = ۷ د_۲$$

یعنے لچک کا مقیاس $م = ۷ د_۲$

پس آواز کی رفتار $= \sqrt{\frac{۷د}{ث}}$

کرہ ہوائی کے لئے پہلے جو مقدمات استعمال کئے گئے تھے اُنھیں کو اختیار کرنے سے

$$س = \sqrt{\frac{۹۸۱ \times ۷۶ \times ۱۳٫۶ \times ۱٫۴۱}{۰٫۰۰۱۲۹}} = ۳۳۱۶۰ \text{ سم فی ثانیہ}$$

آواز کی رفتار کی یہ قیمت راست تجربہ سے دریافت کی ہوئی قیمت کے بالکل قریب ہے۔ پس لاپلاس نے نیوٹن کے ضابطہ کی جو تصیح کی ہے اُس کو صحیح ماننا چاہئے۔

دباؤ کا اثر آواز کی رفتار پر۔ اگر یہ ممکن ہوتا کہ ہوا کا دباؤ بغیر اُس کی کثافت میں تغیر پیدا کرنے کے بدل دیا جاسکتا

تو اُس سے آواز کی رفتار میں تبدیلی ممکن ہوتی ہے - لیکن مستقل تپش کی حالت میں ہوا کی کثافت کو (از روے کلیّہ بائل) دباؤ کے ساتھ راست نسبت ہوتی ہے - اِس لئے آواز کی رفتار کے لئے جو

جملہ ($\sqrt{\frac{۲ د}{ث}}$) ماخوذ ہوا ہے اُس کے شمار کنندہ اور نسب نما

دونوں کی تبدیلی کی نسبت ایک ہی ہے - پس واضح ہے کہ جب تک بائل کا کلیّہ حاوی ہوسکتا ہے آواز کی رفتار ہوا میں دباؤ کے غیر تابع ہے - اِس لئے بارپیما کی بلندی میں جو تبدیلیاں واقع ہوتی ہے اُن کا اثر آواز کی رفتار پر کچھ نہیں ہوتا - راست طور پر تجربہ کرنے سے بھی ثابت ہوا ہے کہ (تپش نہ بدلنے کی صورت میں) آواز کی رفتار سطح بحر اور اونچے پہاڑ پر ایک ہی ہے

تپش کا اثر آواز کی رفتار پر - کرہ ہوائی کا دباؤ اُس کی تپش کے غیر تابع ہوتا ہے - اِس لئے $\sqrt{\frac{۲ د}{ث}}$ کے شمار کنندہ میں تپش کی تبدیلی سے تغیّر نہیں پیدا ہوتا - لیکن ہوا کی کثافت تپش کے ضرور تابع ہے - فرض کرو کسی کمیت کی گیس کی کثافت ($ث_٠$) ہے جبکہ اُس کی مطلق تپش ($ت_٠$) ہے - تو اگر مطلق تپش بدلکر $ت_۱$ ہو جائے تو کثافت ($ث_۱$) ہو جائیگی

اس طور پر کہ $\frac{ث_٠}{ث_۱} = \frac{ت_۱}{ت_٠}$

آواز کی رفتار صفر درجہ مئی پر (سما) = $\sqrt{\frac{۲ د}{ث_٠}}$

اور مطلق تپش ت۱ پر $(\text{س}_1) = \sqrt{\frac{\text{۲ د}}{\text{ث}}} = \sqrt{\frac{\text{۲ د ت}_1}{\text{ث}_0 \, \text{ت}_0}}$

$\therefore \quad \text{س}_1 = \text{س}_0 \sqrt{\frac{\text{ت}_1}{\text{ت}_0}}$ یا $\frac{\text{س}_1}{\text{س}_0} = \sqrt{\frac{\text{ت}_1}{\text{ت}_0}}$

یعنے آواز کی رفتار ہوا میں اُس کی مطلق تپش کیساتھ متناسب ہے۔ اگر تپش درجہ مئی میں بیان ہو تو یہ تعلق یوں ادا ہوتا ہے :-

$$\text{س}_{\text{ت}} = \text{س}_0 \, (1 + \text{۲ ت})$$

جس میں $\text{س}_{\text{ت}}$ سے مراد آواز کی رفتار ہوا میں تپش (ت) درجہ مئی پر ہے اور ۲ سے مراد ہوا کے پھیلاؤ کی قدر یعنی $\frac{1}{273}$ ہے۔

آواز کی رفتار ہوا میں کسی تپش پر بھی اگر شمار ہوئی ہو تو اِس ضابطے کی مدد سے ہم اُس کی تصحیح کر کے صفر درجہ مئی کی حالت میں رفتار معلوم کر سکتے ہیں۔ کرۂ ہوائی کی معمولی تپشوں کے لئے اِس تصحیح کی قیمت تقریباً ۶۱ سم فی ثانیہ فی درجۂ مئی ہے۔

آواز کی رفتار دوسری گیسوں میں۔ چونکہ دوسری گیسوں کی کثافت ہوا سے مختلف ہوتی ہے اس لئے جب آواز اِن میں سے گزرتی ہے تو اُس کی رفتار ہوا میں سے گزرنے کی رفتار سے علحدہ ہوتی ہے۔ اِن رفتاروں کا

باہمی تعلق ذیل کی مساواتوں سے معلوم ہوسکتا ہے:-

$$\text{ہوا میں رفتار} = \sqrt{\frac{۲\ ک}{\text{ہوا کی کثافت}}} \qquad \text{گیس میں رفتار} = \sqrt{\frac{۲\ ک}{\text{گیس کی کثافت}}}$$

$$\therefore \frac{\text{ہوا میں رفتار}}{\text{گیس میں رفتار}} = \sqrt{\frac{\text{گیس کی کثافت}}{\text{ہوا کی کثافت}}}$$

یعنے گیس میں آواز کی رفتار کو اُس گیس کی کثافت کے جذرالمربع کے ساتھ **معکوس نسبت** ہوتی ہے بشرطیکہ کسر (۲) کی قیمت ایک ہی ہو۔

مثلاً چونکہ آکسیجن اور ہیڈروجن کی کثافتوں میں ۱۶ اور ۱ کی نسبت ہے اس لئے

$$\frac{\text{آواز کی رفتار ہیڈروجن میں}}{\text{〃 〃 〃 آکسیجن میں}} = \sqrt{\frac{۱۶}{۱}} = ۴$$

اور

$$\frac{\text{آواز کی رفتار ہیڈروجن میں}}{\text{〃 〃 〃 ہوا میں}} = \sqrt{\frac{۱٫۲۹}{۰٫۰۸۹۹}} = ۳٫۷۹$$

پس ہیڈروجن میں رفتار = ۳۳۲ × ۳٫۷۹ = ۱۲۶۰ میٹر فی ثانیہ (صفر درجہ مئی پر)

اِسی لحاظ سے آواز کی رفتار پر کرۂ ہوائی کی رطوبت کے اثر کا اندازہ، اور اس کی تصحیح کی جا سکتی ہے۔ اگر ہوا کی اضافی مرطوبیت معلوم ہو، تو مشاہدہ کے وقت کی تپش پر خشک ہوا کی کثافت کے ساتھ اُس مرطوب ہوا کی کثافت کو جو نسبت ہوگی

دریافت ہوسکتی ہے ۔ پس اُس نسبت کی مدد سے حساب کر کے
مرطوب ہَوا میں جو رفتار مشاہدہ ہوئی ہو اُس سے خشک ہَوا میں
رفتار کی تعیین کی جاسکتی ہے ۔

یہ یاد رکھنا چاہئے کہ یہاں فرض کر لیا گیا ہے کہ جن گیسوں
کا ذکر ہوا ہے اُن کے لئے (۴) کی قیمت ایک ہی ہے ۔ معمولی
گیسوں کے لئے یہ مفروضہ صحیح ہے لیکن دوسرون کے لئے نہیں ۔
مثلاً پارے کے بخار، ہیلیم، آرگون وغیرہ کے لئے (۴) کی قیمت
تقریباً ۱٫۶۶ ہے ۔ یہ قیمت درحقیقت گیس کے جوہر کی ترکیب
پر موقوف ہے ۔ منجملہ اور کامیاب طریقوں کے اُس کے دریافت
کرنے کا یہ بھی ایک طریقہ ہے کہ راست تجربہ کے ذریعہ آواز کی
رفتار گیس یا بخار میں معلوم کر لی جائے اور پھر اس کے دباؤ اور
کثافت کی تعیین کر کے (۴) کی قیمت حاصل کی جائے ۔ جن
صورتوں میں (۴) کی قیمت راست طور پر، یعنے حرارت نوعی
مستقل دباؤ اور مستقل حجم کی حالت میں دریافت نہیں کیجاسکتی
وہاں یہی طریقہ استعمال ہوتا ہے ۔

آواز کی موجون کی رفتار پانی میں

کسی واسطہ میں بھی
جب موجی حرکت پیدا ہوتی ہے، اُن کی اشاعت کی رفتار اِس
جملہ سے پائی جاتی ہے :-

$$\sqrt{\frac{\text{لچک کا معیار}}{\text{کثافت}}}$$

لیکن اس سے یہ نہیں معلوم ہوسکتا کہ لچک کا کونسا معیار

استعمال ہوگا۔ صفحہ (۱۰۶) پر ہم نے بتایا تھا کے جب آواز کی رفتار کسی گیس میں ناپی جاتی ہے تو (۵۲) صحیح معیار ہے۔ کسی مائع میں جب آواز کی رفتار دریافت کی جاتی ہے تو حجمی لچک کا معیار استعمال ہونا چاہئے۔ لیکن اِس کا معلوم کرنا چنداں آسان نہیں البتہ مائعات چونکہ گرمی سے، بہ نسبت گیسوں کے، بہت کم پھیلتے ہیں، حرنا گزار لچک کے عوض ہم تپشی لچک استعمال کرنے سے، رفتار کی قیمت میں بہت کم خطا آئیگی۔ پانی کے حجمی لچک کا معیار ۲٫۰۴ × ۱۰^۱۰ ہے۔ اور اُس کی کثافت تقریباً ۱ پس آواز کی رفتار پانی میں $\sqrt{}$ ۲٫۰۴ × ۱۰^۱۰ یعنی ۱۴۳۰۰۰ سم فی ثانیہ ہونی چاہئے۔

یہ قیمت، مارٹینی نے ۱۸۸۸ء میں جو قیمت (۱۳۹۹۰۰ سم فی ثانیہ ۴° ھ پر) راست تجربہ کرکے دریافت کی تھی اُس سے چندان مختلف نہیں ہے۔ کولاڈون اور سٹورم نے جنیوا کی جھیل پر اِسی بارے میں جو تجربہ کیا اُسمیں وقتِ واحد میں پانی کی سطح کے نیچے ایک گھنٹہ بجایا گیا اور سطح کے اوپر کچھ باروت سُلگھائی گئی۔ کافی فاصلہ پر، آواز کو فراہم کرنے کی غرض سے ایک تُرم کی شکل کی مڑی ہوئی نلی کا کشادہ سِرا پانی میں ڈبویا گیا تھا اور دوسرا سِرا اوپر ہوا میں رکھا تھا سننے والا اِس سِرے سے کان لگاکر معلوم کرلیا شعلہ دکھائی دینے کی کتنی دیر بعد اسکو پانی میں ہوکر آواز سنائی دی۔ اِس تجربہ سے آواز کی رفتار پانی میں ۸٫۱° مئی پر ۱۴۳۵۰۰ سم فی ثانیہ نکل آئی۔

آواز کی رفتار سلاخوں میں۔ ٹھوس جسمیں متعدد اقسام کے

فساد، قبول کرسکتے ہیں اسلئے انمیں مختلف اقسام کی موجونکی اشاعت ہوسکتی ہے۔ یہاں صرف پتلے سلاخ یا تار پر سے پھیلاؤ یا دباؤ کی موجوں کے گزرنے کی رفتار دریافت کیجائیگی۔ صورتِ حال سے واضح ہے کہ اس موقعہ پر لچک کا جو معیار استعمال ہوگا ینگ کا معیار ہوگا۔ لہذا

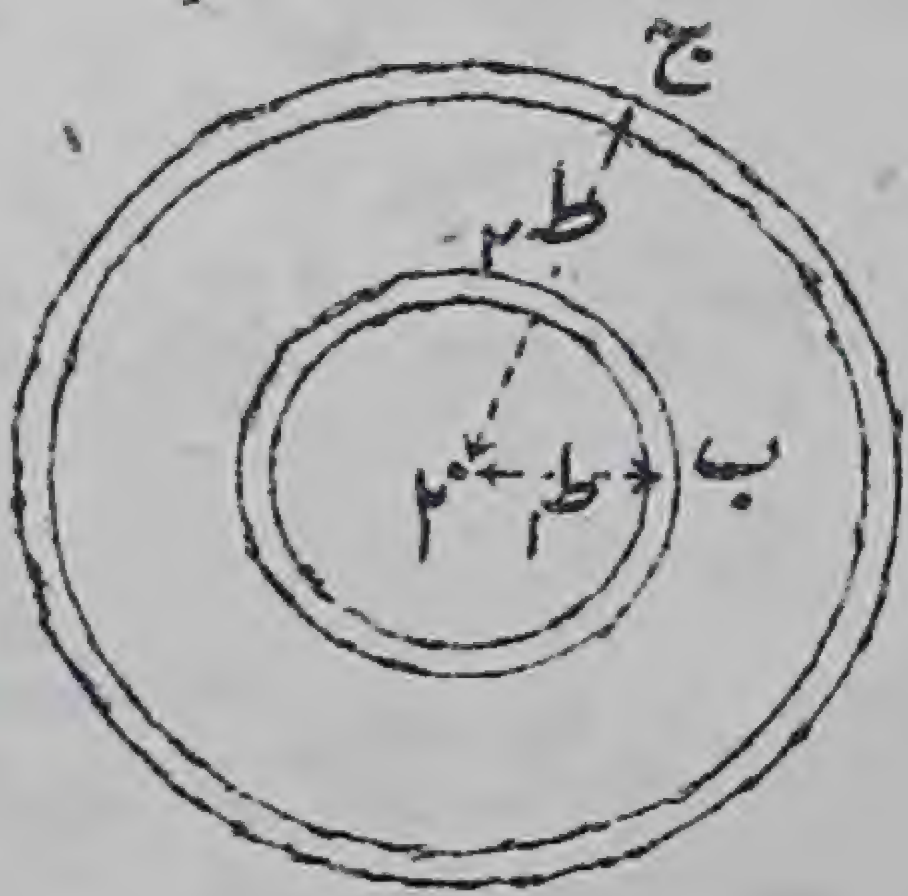
$$\sqrt{\frac{\text{ینگ کا لچک کا معیار}}{\text{کثافت}}}$$

سے ایسے جسموں میں موج کی رفتار کی صحیح قیمت حاصل ہوگی۔ اٹھویں باب میں تجربہ کے ذریعہ اس رفتار کی تعیین کا طریقہ سمجھایا گیا ہے۔ ذیل کی جدول میں مختلف مادّے کی سلاخوں کے لئے آواز کی رفتار دی گئی ہے۔

آواز کی رفتار

مادّہ	رفتار (سم فی ثانیہ)
الومنیم	$۵،۱ \times ۱۰^{۵}$
سوڈے کا شیشہ	$۵،۰ \times ۱۰^{۵}$ سے $۵،۳ \times ۱۰^{۵}$ تک
فلنٹ شیشہ	$۴،۰ \times ۱۰^{۵}$
پیتل	$۳،۶۵ \times ۱۰^{۵}$
ڈیل یعنے دودیئے کی لکڑی (ریشوں کی سمت میں)	$۵،۰ \times ۱۰^{۵}$
فَر کی لکڑی	$۴،۵ \times ۱۰^{۵}$ سے $۵،۳ \times ۱۰^{۵}$ تک
اوک (یعنے بلوط کی لکڑی)	$۴،۰ \times ۱۰^{۵}$ سے $۴،۴ \times ۱۰^{۵}$ تک
پیَن کی لکڑی	$۳،۳ \times ۱۰^{۵}$

عکسی مربع کا کلیہ۔ جب کسی مبداء سے آواز کی موجین ہر طرف یکساں پھیلتی ہیں تو فاصلۂ مبداء اور آواز کی حدّت کا باہمی تعلق بہت آسانی سے دریافت ہوسکتا ہے۔ لیکن اگر انعکاس یا انعطاف کی وجہ سے موجوں کے یکساں پھیلنے میں موانعات درپیش ہوں تو یہ تعلق پیچیدہ ہوجاتا ہے۔

فرض کرو شکل ۳۲ میں ا آواز کا ایک مبداء ہے اور آواز کی موجوں کی شکل میں توانائی کا اشعاع فی ثانیہ مستقل ہے۔ تو ایک کُرَوی غلاف میں جس کا قطر ط، اور جس کی موٹائی ا ہو توانائی ہر وقت غلاف کا حجم × توانائی فی اکائی حجم کے برابر ہوگی یعنے = ۴ π ط،^۲ × ح، جس میں (ح،) سے مراد توانائی فی مکعب سنتی میتر یا مقام (ب،) کے پاس آواز کی حدّت ہے۔ اسی طرح نصف قطر ط۲ والے اور ایک سم موٹے غلاف میں توانائی ہر وقت

شکل ۳۲

عکسی مربع کے کلیہ کی توضیح

۴ π ط۲^۲ × ح۲ کے مساوی ہے

ظاہر ہے کہ موجی حرکت کی شکل میں جو توانائی ایک معیّن مدت میں خارج ہوتی ہے اُس کی مقدار مستقل ہوتی ہے

اِس لئے ان دونوں غلافوں میں توانائی مستقل ہے۔

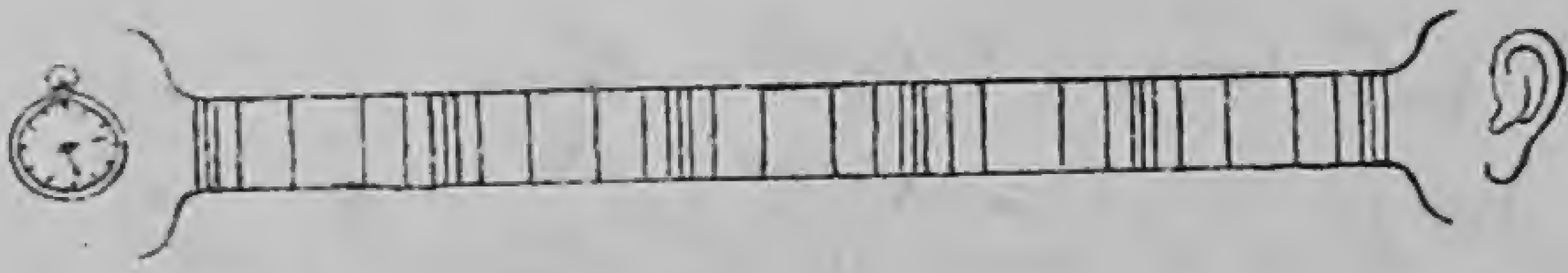
$$\therefore\ 4\pi\,\text{ط}_1^2 \times \text{ح}_1 = 4\pi\,\text{ط}_2^2 \times \text{ح}_2$$

یا
$$\frac{\text{ح}_1}{\text{ح}_2} = \frac{\text{ط}_2^2}{\text{ط}_1^2}$$

یا
$$\frac{\text{مبداء آواز سے ط}_1\text{ فاصلہ پر آواز کی حدت}}{\text{〃 〃 〃 ط}_2\text{ 〃 〃 〃 〃}} = \frac{\text{ط}_2^2}{\text{ط}_1^2}$$

یعنے کسی مبداء سے جب آواز نکلتی ہے تو اس کی حدت، مبداء کے فاصلہ کے مربع کی معکوس نسبت سے بدلتی ہے۔

بول نلی اور آواز (کو تقویت) دینے والا تختہ۔
عکسی مربع کا کلیہ صرف اُس وقت صحیح ہوتا ہے جبکہ آواز کی موج ہر سمت میں یکساں پھیلتی ہے۔ اگر آواز کا مبداء زمین کی سطح سے قریب ہو تو موجیں صرف ایک ہی سمت میں یعنے اوپر کی طرف پھیلینگی۔ چنانچہ جب ایک شخص اونچی سیڑھی پر سے بات کرتا ہے تو زمین پر کھڑا ہوا ایک دوسرا شخص اُس کی آواز کو اس قدر صاف نہیں سن سکتا جیسا کہ زمین پر کھڑے ہوئے شخص کی بات کو سیڑھی پر کھڑا ہوا آدمی سُن سکتا ہے۔ عوام الناس اِس کی یہ وجہ سمجھتے ہیں کہ "آواز اوپر چڑھتی ہے"۔ واضح ہے کہ یہ دلیل معقول نہیں۔ اصل وجہ یہ ہے کہ جب سیڑھی

پرسے آدمی بات کرتا ہے تو اُس کی آواز انتصابی سمت میں اوپر اور نیچے دونوں جانب پھیلتی ہے مگر جب زمین پر کھڑا ہوکر کوئی بات کرتا ہے تو اُس کی آواز صرف اوپر ہی کی طرف پھیل سکتی ہے۔ پہلی صورت میں موجوں کا پورا کرہ بنتا ہے دوسری میں نصف کرہ اِس لئے مبداء سے معیّن فاصلہ پر پہلی صورت

شکل (۳۳)
بول نلی

میں آواز کی حدّت نسبتاً کم ہوگی۔ اگر موجوں کو پھیلنے سے قطعاً روکا جائے تو اُن کی روانی سے اُن کی حدّت میں نہایت قلیل گھٹاؤ واقع ہوگا۔

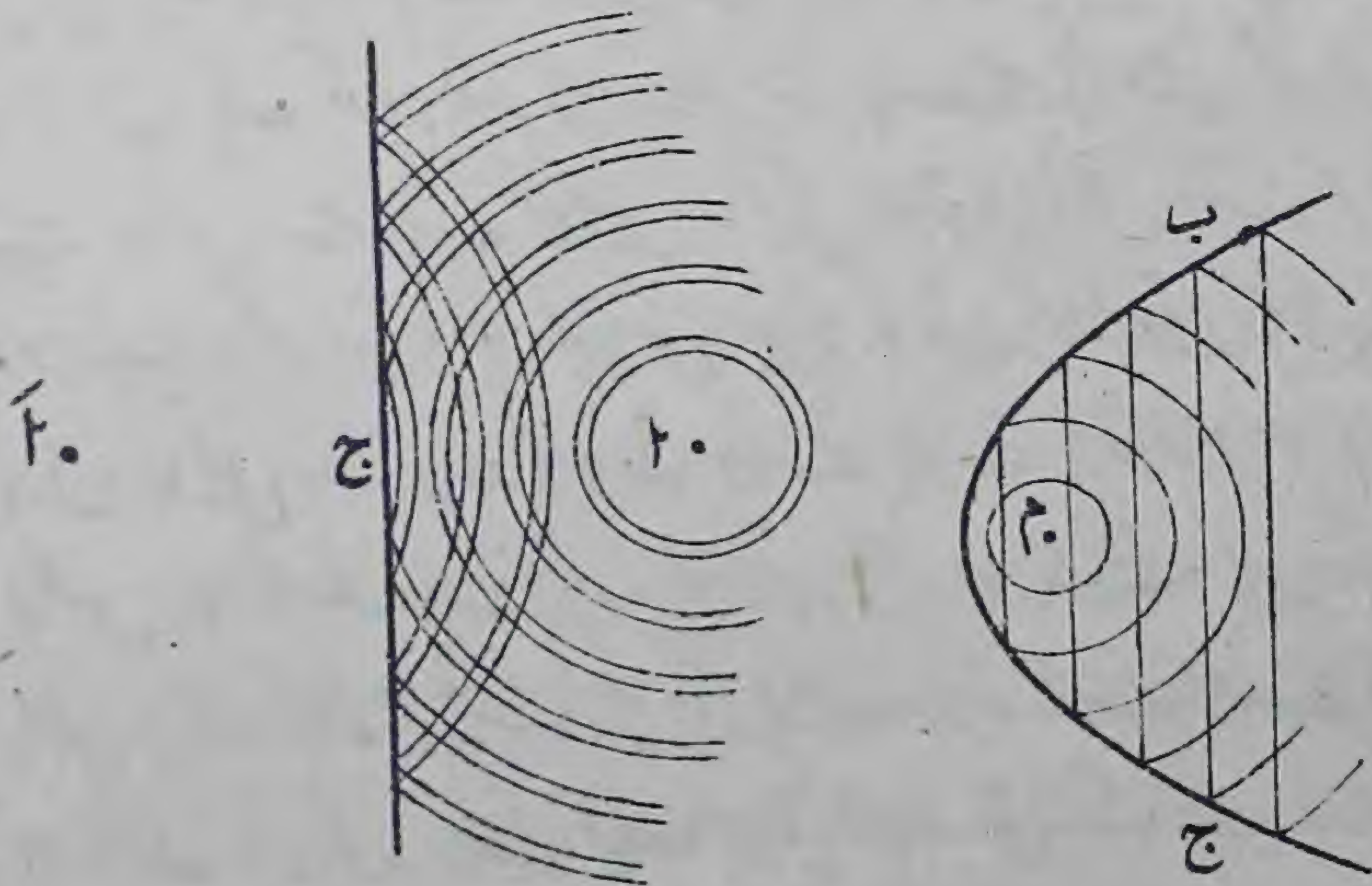
مثلاً ایک لمبی نلی کے سرے پر جب آواز کی پیدائش ہوتی ہے تو آواز نلی کے دوسرے سرے کی طرف بڑھتی ہے لیکن موجیں پھیلنے نہیں پاتیں اور اس لئے نلی کے دوسرے سرے پر کان رکھ کر آواز صاف سُن سکتے ہیں۔ موجوں کی توانائی میں اگر کوئی کمی واقع ہوتی ہے تو محض ہوا اور نلی کی اندرونی سطح کی رگڑ کی وجہ سے ہوتی ہے اور یہ بہت خفیف ہے۔ ایسی نلی کو "بول نلی" کہینگے۔ اس کا استعمال اُن جگہوں میں ہوتا ہے جہاں بولنے اور سننے والوں کے مابین فاصلہ کم

ہونے کی وجہ سے ٹیلیفون غیر ضروری ہوتا ہے۔
جب وسیع عمارتوں میں بڑے مجمع کے سامنے تقریر کیجاتی ہے تو مقرّر کی آواز دُور تک سنائی دینے کے لئے اُس کے سر سے کچھ اوپر ایک بڑا تختہ مناسب وضع میں آویزان کیا جاتا ہے جب وضع افقی ہوتی ہے تو موجیں اوپر کی طرف پھیل نہیں سکتیں اُن کی توانائی تقریباً افقی مستوی میں پھیلتی ہے اِس لئے دُور تک آواز صاف سنائی دیتی ہے۔ایسی صورت میں حدّت کو تقریباً فاصلہ کے ساتھ عکسی نسبت ہوتی ہے نہ کہ فاصلہ کے مربع کے ساتھ۔

آواز کی موجون کا انعکاس۔ جب تکثیف کی حالت میں ہوا کا کوئی حصہ کسی استوار شئے مثلاً دیوار سے ٹکراتا ہے تو اس کو اپنی اصلی حالت میں واپس آنے کے لئے اپنے عقب کے ہوا کے حصہ کو دبانا پڑتا ہے۔اس لئے جب تکثیف کی موج ایک استوار شئے سے ٹکراتی ہے تو اُس کے روانی کی سمت اُلٹ جاتی ہے۔اس کو انعکاسِ موج کہتے ہیں۔انعکاس مختلف حالتوں میں ممکن ہے۔لیکن عام طور پر یہ کہا جاسکتا ہے کہ جہاں کہیں واسطۂ موج میں کسی قسم کا قطع تسلسل واقع ہوتا ہے انعکاس پیدا ہوتا ہے۔آٹھویں باب میں ہم دیکھینگے کہ ایک کھلی نلی کے منہ کے پاس آواز کی موجیں منعکس ہوتی ہیں۔
شکل ۴۳ میں اگر ۲ ایک مبداء آواز ہو تو تکثیف و تلطیف

کی کروی موجیں جب اُس سے نکل کر ج کے پاس ایک استوار دیوار سے ٹکرائینگی تو اُن کی سمت الٹ جائیگی۔ ان موجوں کا ہر ایک حصہ جب دیوار سے ملتا ہے تو دیوار کی عمودی سمت میں اُسکی رفتار کے جزو کی سمت منقلب ہوجاتی ہے۔ انعکاس کے بعد بھی موج کی شکل کروی ہوتی ہے لیکن وہ بجائے مرکز ا سے پھیلنے کے مرکز اَ سے پھیلتی ہوئی نظر آتی ہے۔ اَ کو ہم اسلئے ا کا صوتی خیال کہینگے۔

اَ۰ ج ا۰

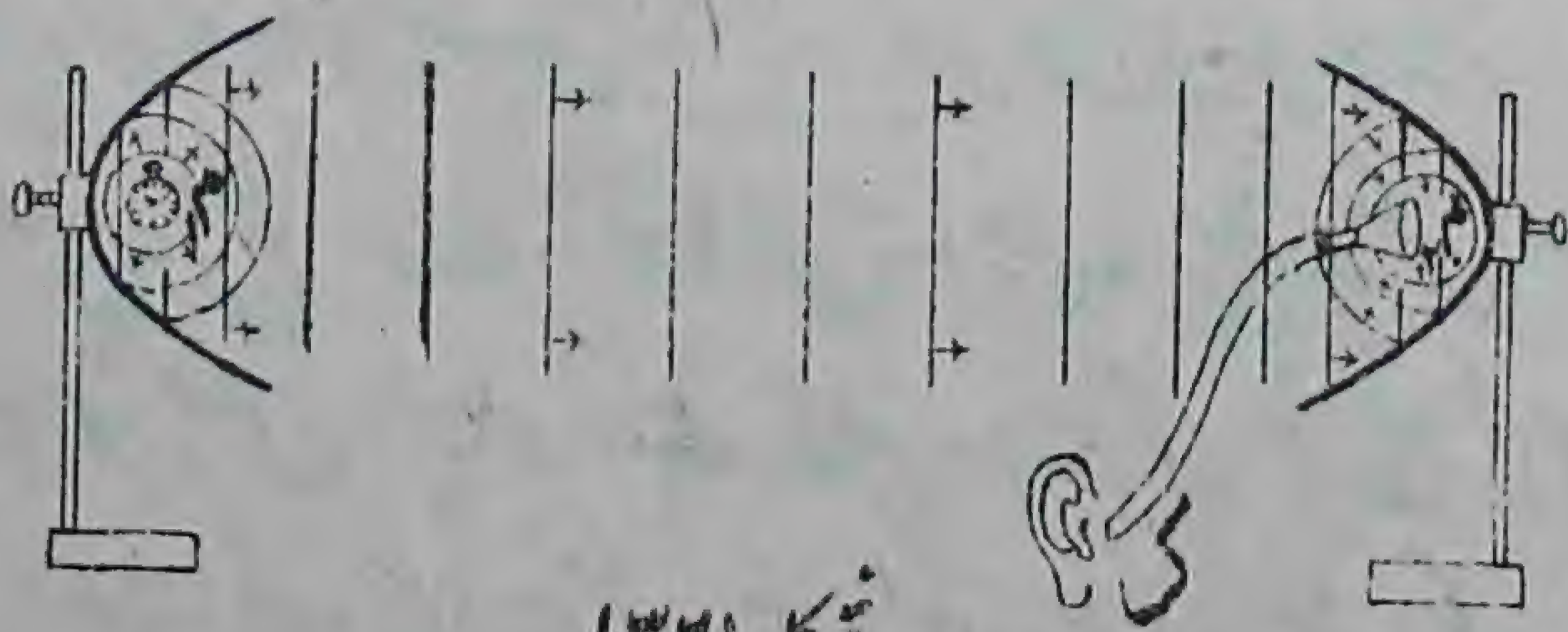
ب م۰ ج

شکل (۳۴) آواز کی موجوں کا انعکاس

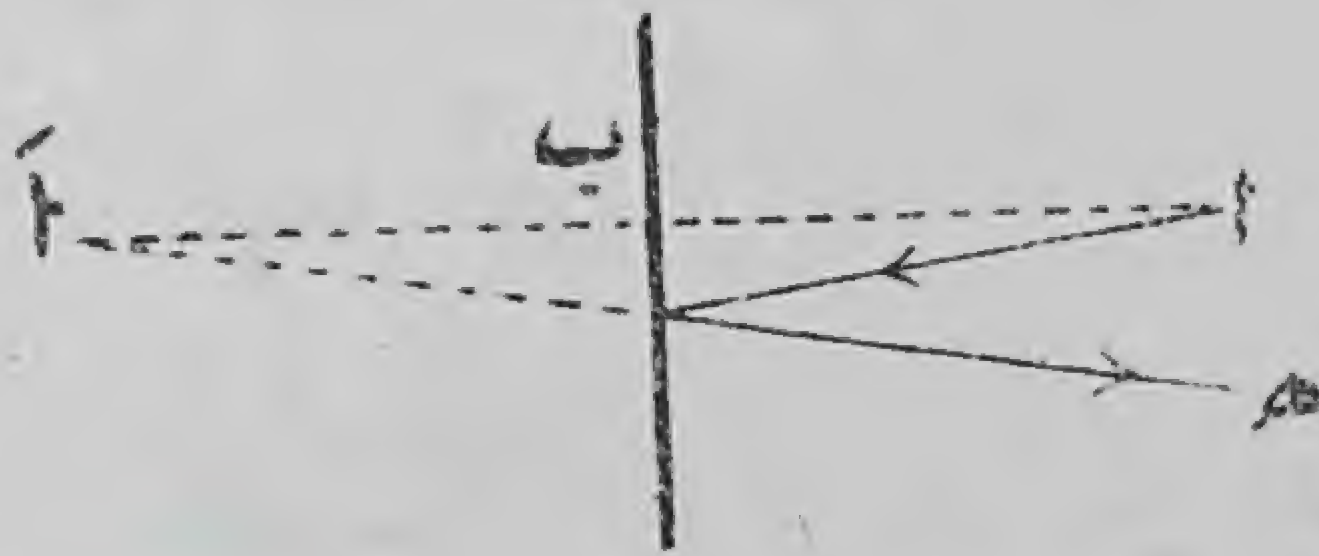
شکل (۳۵) قطع مکافی کی شکل کا عاکس

منحنی سطح سے انعکاس۔ جب سطح عاکس مستوی ہوتی ہے تو شکل (۳۵) سے ظاہر ہے کہ 'واقع' اور 'منعکس' موجوں کا انحنا ایک ہی ہوتا ہے۔ لیکن جب سطح عاکس خود منحنی ہوتی ہے تو واقع اور منعکس موجوں کے انحنا میں اختلاف ہوتا ہے

مثلاً اگر عاکس سطح ب ا ج (شکل ۳۵) مجسم مکافی کی سطح ہو اور مبداء آواز اُس کے ماسکہ (م) پر واقع ہو تو انعکاس کے بعد موجوں کی شکل کروی سے مستوی ہو جائیگی۔ نقطہ (م) ایسی عاکس سطح (یا "آئینہ") کا ماسکۂ خاص کہلائیگا۔ ایسے دو "آئینوں" سے آواز کی موجوں کا انعکاس آسانی سے بتایا جا سکتا ہے۔

ایسے دو 'مکافی' عاکس ایک دوسرے کے مقابل (شکل ۳۶) کی طرح ہم محور قائم کئے جائیں ان میں سے ایک عاکس کے ماسکہ (م۱) پر ایک کمزور آواز کا مبداء مثلاً ایک چھوٹی جیبی گھڑی رکھدیجائے پہلے عاکس سے جب موجیں لوٹینگی مستوی شکل اختیار کرینگی جب دوسرے عاکس پر انکا انعکاس ہوگا تو اُن کی مستوی شکل کروی سے بدل جائیگی اور کرے چھوٹے ہوتے ہوئے مقام (م۲) پر جو دوسرے عاکس کا ماسکہ ہے ایک نقطہ پر جمع ہو جاینگے۔ پس اگر م۲ کے پاس ایک چھوٹا قیف م۱ کی جانب مُنہ کرکے نصب کیا جائے اور اُس کی نلی ربڑ کی ایک مناسب نلی کے سرے میں لگا کر ربڑ کی نلی کے دوسرے سرے (ک) کے پاس کان رکھا جائے تو گھڑی کے چلنے کی آواز صاف طور پر سنائی دیگی۔

شکل (۳۶)

'مکافی' عاکسوں کا جوڑ

گونج یا صدا ۔ مستوی دیوار پر آواز کی موجیں منعکس ہوتی ہیں تو (روشنی کی طرح) آواز کا "خیال" بنتا ہے۔ مثلاً مقام (ھ) پر اگر کوئی شخص (شکل ۳۷) کھڑا ہو اُس کے پاس نہ صرف مبداء آواز (ا) سے راست موجیں آتی ہیں بلکہ دیوار سے ایک بار منعکس ہو کر (اَ) سے بھی آتی ہوئی محسوس ہوتی ہیں۔ عام طور پر (جب دیوار سے فاصلہ قلیل ہوتا ہے) موجوں کے اِن دونوں سِلسلوں میں اِس قدر کم وقفہ گزرتا ہے کہ ایک سلسلہ کی آواز دوسرے سے تمیز نہیں ہو سکتی۔ معمولی طول و عرض کے کمرے میں، جسکی

شکل ۳۷

گونج یا صدا کی پیدائش

دیواروں، فرش اور چھت کی سطحیں مستوی ہوتی ہیں، انعکاس کا نتیجہ صرف یہی ہوتا ہے کہ آواز کی حدّت میں ترقی ہوتی ہے۔ کُھلی ہوا میں تقریر کرنے یا گانے کے لئے، بہ نسبت ایک چھوٹے کمرے کے، اسی لئے زیادہ وقت محسوس ہوتی ہے۔

جب مبداء آواز (ا) اور دیوار (ب) کے درمیان فاصلہ ا ب اتنا بڑا ہوتا ہے کہ (ھ) کے پاس راست آنے والی اور منعکس ہو کر آنے والی موجوں میں وقفہ تقریباً $\frac{1}{10}$ ثانیہ ہے تو آواز، اگر مثل تھالی بجانے کی آواز کے، یکایک وقوع میں آکر موقوف ہو جاتی ہے، کچھ دیر تک جاری

رہیگی - جب اِس سے زیادہ فاصلہ حائل ہوتا ہے جسکی وجہ سے دونوں موجوں میں بالفرض $\frac{1}{۲۰}$ ثانیہ وقفہ ہوتا ہے تو دو علٰحدہ آوازیں تمیز ہو سکینگی - جب راست، اور انعکاس کے بعد لَوٹ کر، آنیوالی آوازیں وضاحت سے تمیز ہو سکتی ہیں تب ہی بَعد کی آواز کو گونج یا صدا کا نام صحت کے ساتھ دیا جاسکتا ہے

چونکہ دونوں آوازوں میں $\frac{1}{۲۰}$ ثانیہ وقفہ ہونے کے لئے ا سے ب تک آنے کے لئے (شکل ۳۷) $\frac{1}{۴۰}$ ثانیہ مدت چاہئے - لہذا

$$\frac{۲\ ب}{\frac{1}{۴۰}} = \text{آواز کی رفتار} = ۳۳۲ \text{ میٹر فی ثانیہ}$$

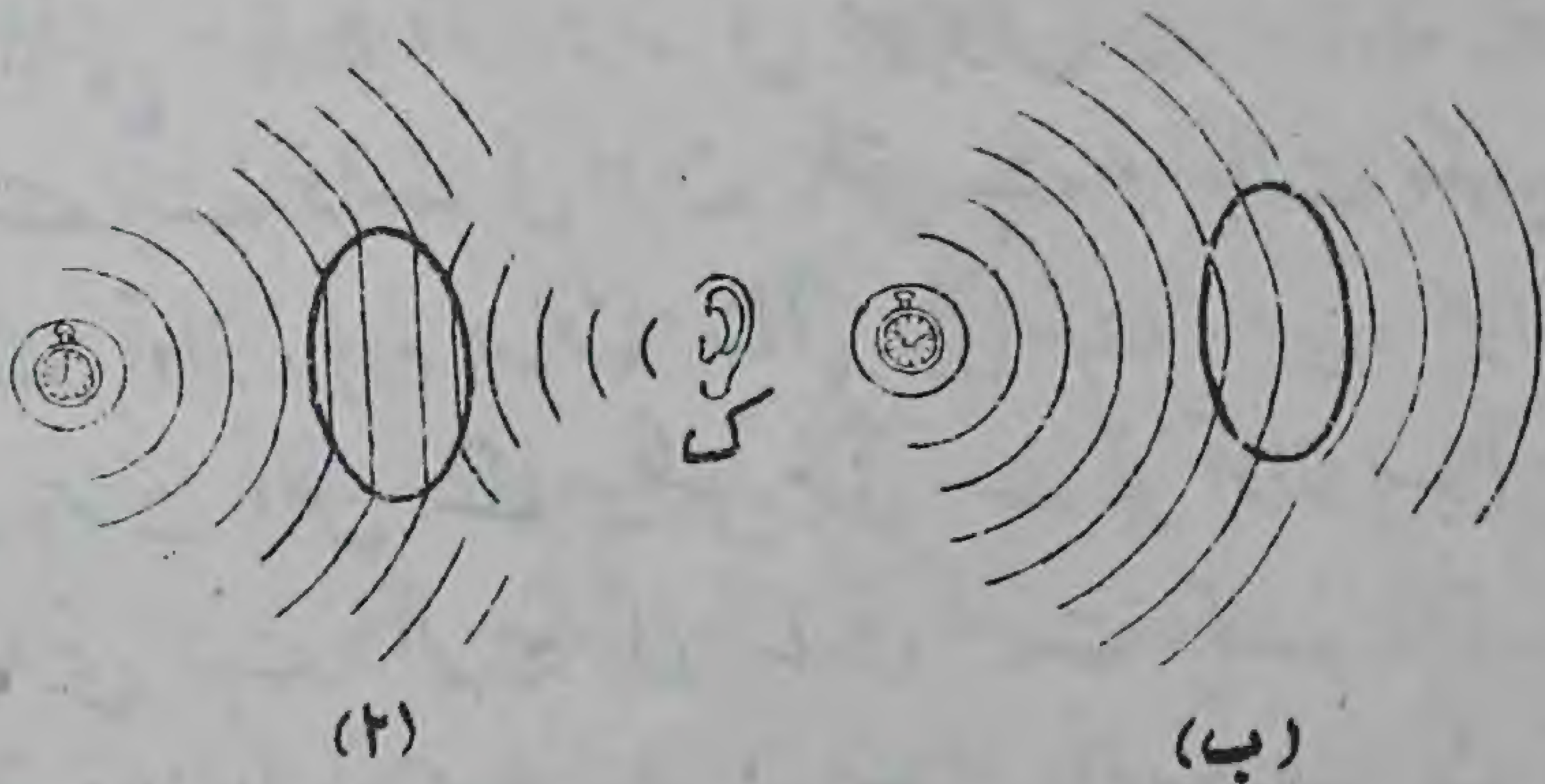
$$\therefore ۲\ ب = \frac{۳۳۰}{۴۰} = ۸٫۳ \text{ میٹر}$$

گونج یا صدا طبیعی طور پر مشاہدہ ہوتی ہے - چٹانوں کے پہاڑوں کے دامن، جنگلوں یا بڑی عمارتوں سے بھی آواز کا انعکاس ہو کر صدا پیدا ہوتی ہے - جب فاصلہ کثیر ہوتا ہے ایک ہی آواز سے کئی صدائیں علی التواتر سنائی دے سکتی ہیں -

وسیع کمروں میں صدا کا وجود سماعت کے لئے مضر ہوتا ہے - گو فاصلہ زیادہ نہ ہونے کی وجہ سے صدائیں ایک دوسرے سے علٰحدہ ہو کر سنائی نہ دیتی ہوں تاہم اُن کا تسلسل گویا آواز کو غیر ضروری "طوالت" دیتا ہے جس کی وجہ سے آواز صاف سنائی نہیں دے سکتی - کمرہ جب خالی ہوتا ہے صدا کا اثر زیادہ محسوس ہوتا ہے جب آدمی یا سامان سے بھرا ہوتا ہے اثر کم ہو جاتا ہے -

آواز کی موجوں کا انعطاف۔ جب کبھی آواز کی موجیں ایک واسطہ سے دوسرے واسطہ میں، جس کی کثافت پہلے واسطہ سے مختلف ہو، داخل ہوتی ہیں، روشنی کی موجوں کی طرح، مڑجاتی یا منعطف ہوتی ہیں۔

ک

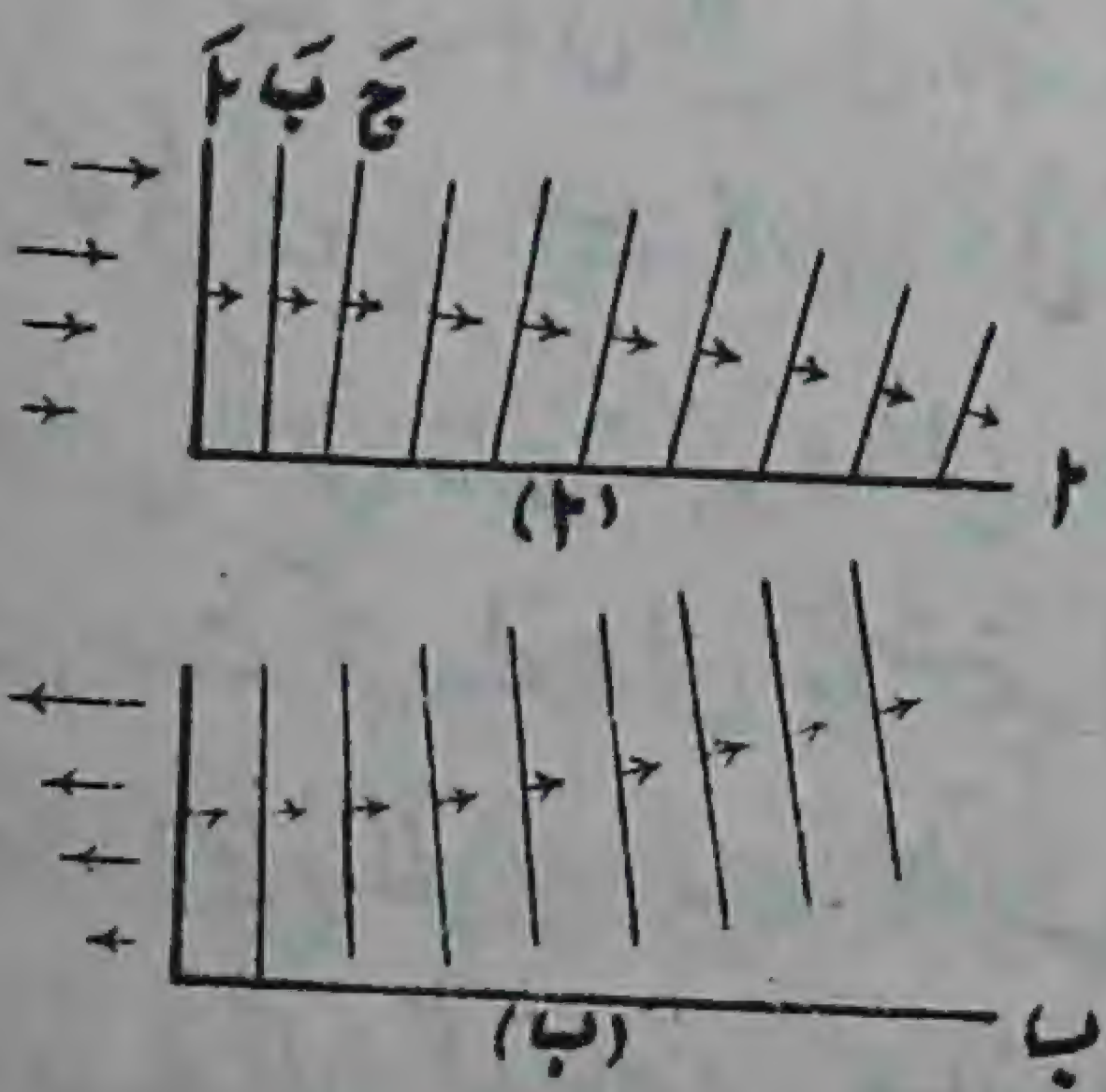
(۲)　　(ب)

شکل (۳۸)

صوتی عدسہ

مثلاً عدسہ کی شکل کی ربڑ کی ایک تھیلی میں اگر ہوا سے کثیف ترکوئی گیس جیسے کاربن ڈائی آکسائڈ بھردی جائے تو آواز کی موجیں اُس میں جب داخل ہونگی اُن کا انعطاف مدّقق عدسہ میں سے گزرنے والی روشنی کی موجوں کے انعطاف کے مشابہ ہوگا۔ تھیلی اگر ہوا سے لطیف تر گیس مثلاً ہیڈروجن سے بھری جائے تو آواز کی موجوں کا انعطاف موسّع عدسہ میں سے گزرنے والی روشنی کی موجوں کے انعطاف کا سا ہوگا۔

پہلی صورت میں (دیکھو شکل ۳۸ الف) موجیں ایک ناسکہ

(ک) پر جمع ہو جائینگی ۔پس اگر مبداء آواز ایک جیبی گھڑی ہو تو ک کے پاس کان رکھ کر سننے سے گھڑی کے چلنے کی آواز صاف سنائی دیگی ۔ دوسری صورت میں (شکل ۳۸ ب) ایسا کوئی ماسکہ (ک) نہیں مِل سکتا اِس لئے کہ موجوں کا اتّساع عدسہ میں سے گزرنے کے بعد پیشتر سے بڑھ جاتا ہے۔

چلتی ہوا کا اثر آواز کی موجوں پر ۔ جب ہَوا مبداء آواز سے سننے والے کی طرف چلتی ہے تو حالتِ سکون کی بہ نسبت آواز زیادہ صاف سنائی دیتی ہے ۔جب ہوا کے چلنے کی سمت اُس کے برعکس ہوتی ہے تو آواز نسبتاً کم صاف سنائی دیتی ہے ۔ اگر ہوا کی ساری کمّیت ایک رفتار سے چلتی تو آواز ایک سمت میں بہ نسبت دوسرے کے زیادہ صاف سنائی دینے کی کوئی وجہ نہ ہوتی ۔صرف آواز کی رفتار پہلی صورت میں بڑھ جاتی اُس کی حدت پر کوئی اثر نہ ہوتا۔درحقیقت ہوا کی رفتار سطح زمین سے مختلف ارتفاعوں پر مختلف ہے ۔جوں جوں ارتفاع بڑھتا ہے رفتار بھی بڑھتی ہے ۔ ٹھیک سطح زمین پر ہوا کی رفتار صفر ہوتی ہے ۔شکل ۳۹(۲) میں ا ب ج مستوی پچکاؤ کی موجوں پر غور کرو ۔یہاں موجوں

شکل ۳۹

چلتی ہوا کا اثر آواز کی موجوں پر

اور ہوا کی روانی ایک ہی سمت میں بتائی گئی ہے۔ زیادہ بلندی پر ہوا کی رفتار زیادہ ہے اس لئے موج کے رخوں کے حصے جو زیادہ بلندی پر واقع ہونگے بہ نسبت کم بلندی کے حصوں کے زیادہ تیز رفتار ہونگے۔ پس موج کے رخ جو ابتداً انتصابی مستوی وضع رکھتے تھے، جوں جوں آگے بڑھینگے بتدریج سامنے کی طرف جھک جائینگے۔ ان کی حرکت کی سمت ہمیشہ اُن کی مستوی سطح پر عمود وار رہتی ہے اسلئے اُن کا زاویۂ میلان سطح زمین کے ساتھ گھٹتے جائیگا۔ اِس لئے مقام ا پر اگر کوئی شخص واقع ہوگا اُس کو آواز زیادہ صاف سنائی دیگی بہ نسبت اُس حالت کے جبکہ ہوا ساکن تھی۔ اس کے برعکس جب ہوا آواز کے لئے مخالف سمت میں حرکت کرتی ہے آواز کی موجوں کے رخ بتدریج پیچھے کی طرف جھکینگے اور اُنکی روانی زمین سے اوپر کی جانب ہوگی۔ پس شکل ۳۹ ب میں مقام ب پر جو شخص ہوگا اُس کو آواز اتنا صاف نہ سنائی دیسکیگی جتنا ہوا نہ چلنے کی حالت میں سنائی دیتی۔

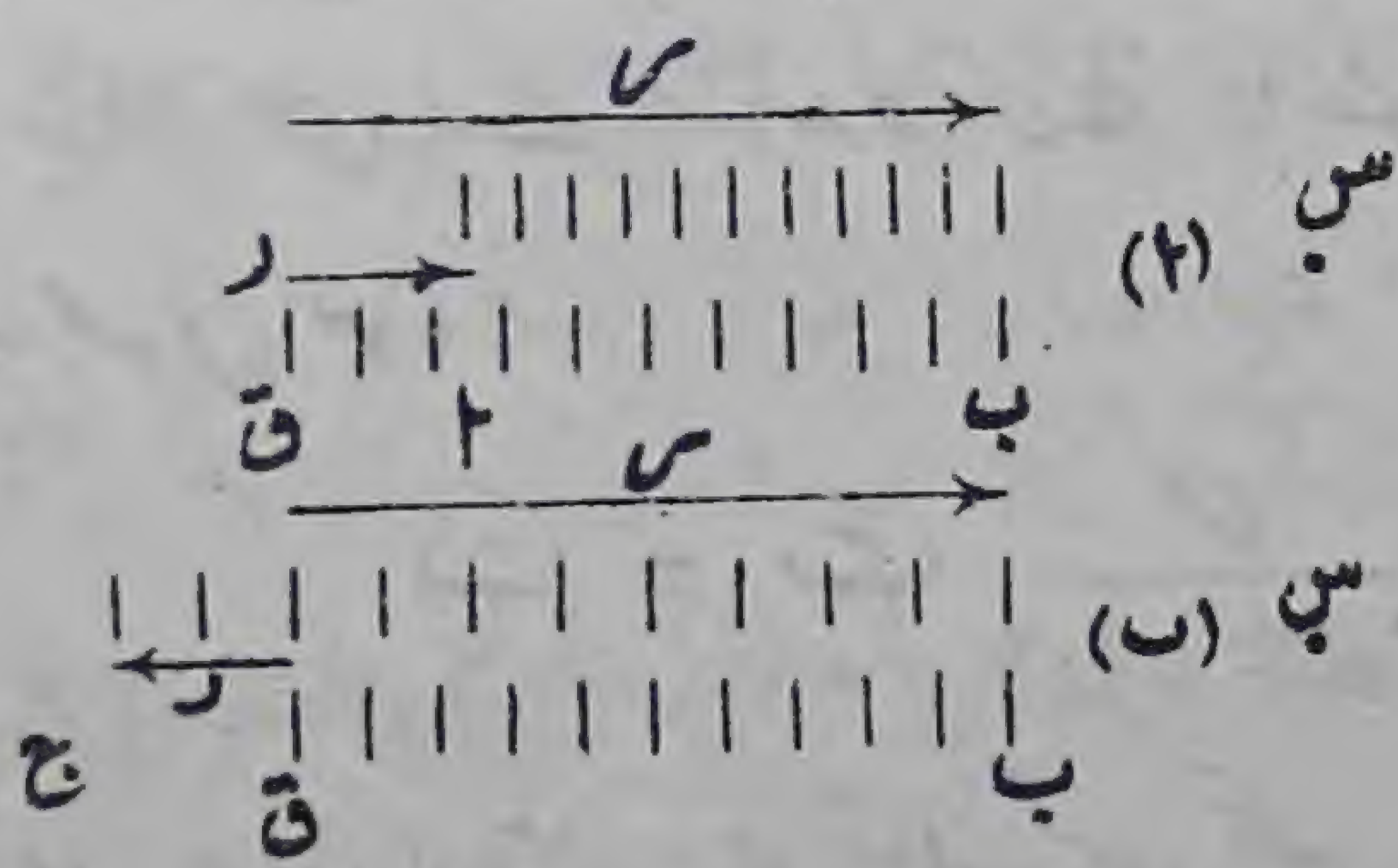
کرہ ہوائی میں **آواز کا انعطاف**۔ چونکہ تپش بڑھنے سے آواز کی موجوں کی رفتار بھی بڑھتی ہے اس لئے دو مقاموں کے بیچ میں اگر تپش مختلف ہو تو ایک مقام سے دوسرے مقام کو جاتی ہوئی آواز کی موجوں میں انعطاف واقع ہوگا۔ دن میں کرۂ ہوائی کے نیچے کے طبقوں کی تپش اوپر کے طبقوں کی تپش سے زیادہ ہوتی ہے۔

پس شکل ۳۹ ب کی طرح (لیکن دوسری وجہ سے) جوں جوں آواز کی موج آگے کو بڑھیگی اس کا رخ اوپر کی طرف ہوتا جائیگا - اس لئے آواز زمین سے اوپر کو اٹھتی جائیگی اور مبداء سے کچھ فاصلہ پر اس کی حدّت میں عکسی مربع کے کلیہ سے بڑھ کر گھٹاؤ واقع ہوگا - اس کے برعکس اگر کرۂ ہوائی کے نیچے کے طبقوں کی تپش اوپر کے طبقوں سے زائد ہو جیسا کہ اکثر ہوا نہ چلنے کی صورت میں شام کے وقت خصوصاً پانی کی سطح کے اوپر، ہوتا ہے آواز کی موجیں شکل ۳۹ ا کی طرح نیچے کی طرف منعکس ہو جاتی ہیں - ایسی حالت میں دُور دور کی آوازیں بھی دن کی بہ نسبت زیادہ صاف اور واضح سنائی دیتی ہیں -

گرم دنوں میں اکثر گرم ہوا ستونوں کی شکل میں زمین سے اوپر کی طرف اٹھتی ہے - اس سے آواز کی موجیں منعطف ہوکر منتشر ہوجاتی ہیں - جب ہوا جیسا کہ گھر میں، متجانس ہوتی ہے موجوں کی تبلیغ باقاعدہ ہوتی ہے، اِس لئے دور دور تک آواز صاف سنائی دیتی ہے -

ڈوپلر والا اثر - ہر کسی کو غالباً اِس کا تجربہ ہوگا کہ جب کوئی مبداء آواز، پاس سے، تیز رفتار کے ساتھ، گزرتا ہے اس کا ظاہری امتداد بدل جاتا ہے - مثلاً ریل گاڑی جب کسی شخص کے پاس سے گزرتی ہے اس کے انجن کی سیٹی کے امتداد میں معتدبہ گھٹاؤ پایا جاتا ہے - جب انجن سننے والے

سے قریب ہوتا جاتا ہے اُس کی سیٹی سے ہوا میں جو تکثیف و
تلطیف پیدا ہوتی ہے، اِس حرکت کی وجہ سے، اپنے سامنے
کی تکثیف و تلطیف سے بہ نسبت سکون کی حالت کے کسیقدر
نزدیک تر ہوتی ہے۔ اِس لئے سننے والے کے پاس وقتِ
معیّن میں تکثیف و تلطیف کی کیفیتیں بہ نسبت حالتِ سکون
کے زیادہ تعداد میں پہنچتی ہیں۔ اور جب انجن اُس سے دور
ہوتا جاتا ہے اِس تکثیف و تلطیف کے تعدّد میں اسی قدر کمی
محسوس ہوتی ہے۔

فرض کرو شکل ۴۰ الف میں مبداء آواز (ق) کا تعددِ
ارتعاش (ت) ہے یعنے اس سے فی ثانیہ ت موجیں برآمد
ہوتی ہیں۔ اگر
آواز کی رفتار (ر)
ہو تو مبداء سے
ایک ثانیہ میں
جو موجیں نکلینگی
اس ثانیہ کے
اختتام پر فاصلہ
ق ب = ر تک

شکل (۴۰)
ڈوپلر والا اثر

بچھی ہوئی ہونگی۔ اب اگر خود مبداء ق کی رفتار (د) ہو تو ایک
ثانیہ کے اختتام پر وہ محل ۲ پر آجائیگا کیونکہ ق۲ کو (د)
کے مساوی بنایا گیا ہے۔ اس لئے تمام موجیں باستثناء اُنکے

جو پیشتر نکل چکی تھیں، موقعہ (س) پر سے مشاہدہ کرنے والے شخص سے کسیقدر قریب تر ہونگی بہ نسبت اِس کے کہ (ق) ساکن ہوتا۔ چونکہ فاصلہ ا ب = (ر - د) لہذا فاصلہ ر میں ت موجیں ہونے کے عوض اب فاصلہ (ر - د) میں ت موجیں ہونگی۔ جس کی وجہ سے طول موج $\frac{\text{ر}}{\text{ت}}$ سے $\frac{\text{ر} - \text{د}}{\text{ت}}$ ہو جائیگا۔ یعنے مشاہدہ کرنے والے کو جو ظاہری تعدّدِ ارتعاش (تَ) محسوس ہوگا اسکی یہ مساوات ہے:-

$$\text{تَ} = \frac{\text{ر}}{\frac{\text{ر} - \text{د}}{\text{ت}}} = \text{ت}\,\frac{\text{ر}}{\text{ر} - \text{د}}$$

اگر شکل ۸۰ ب کی طرح مبدا (ق) کی رفتار مخالف سمت میں ہوتی مقام س سے مشاہدہ کرنے والے کو آواز کا ظاہری تعدد تَ یہ محسوس ہوتا:-

$$\text{تَ} = \text{ت}\,\frac{\text{ر}}{\text{ر} + \text{د}}$$

پس جب کوئی مبداء آواز کسی شخص کی طرف حرکت کرتا ہے تو آواز کا امتداد بظاہر بلند ہو جاتا ہے۔ اور جب مبداء اُس سے دور ہوتا جاتا ہے تو امتداد میں پستی محسوس ہوتی ہے۔

مشق۔ ایک ریل گاڑی ۷۲ کیلو میٹر فی ساعت کی رفتار سے ایک شخص کی جانب آرہی ہے اور انجن مسلسل سیٹی دے رہا ہے۔ آواز کی رفتار ۳۳۲ میٹر فی ثانیہ مان کر دریافت کرو

اُس شخص کو سیٹی کے امتداد میں نسبتاً کیا تغیر محسوس ہوگا جبکہ گاڑی اُس سے آگے بڑھ جائیگی؟

فرض کرو سیٹی کے سُر کا حقیقی تعدد ت ہے۔

گاڑی سننے والے آدمی کے پاس آتے وقت ظاہری تعدد = $ت \frac{س}{س - ر}$

اور " " " سے جاتے ...... = $ت \frac{س}{س + ر}$

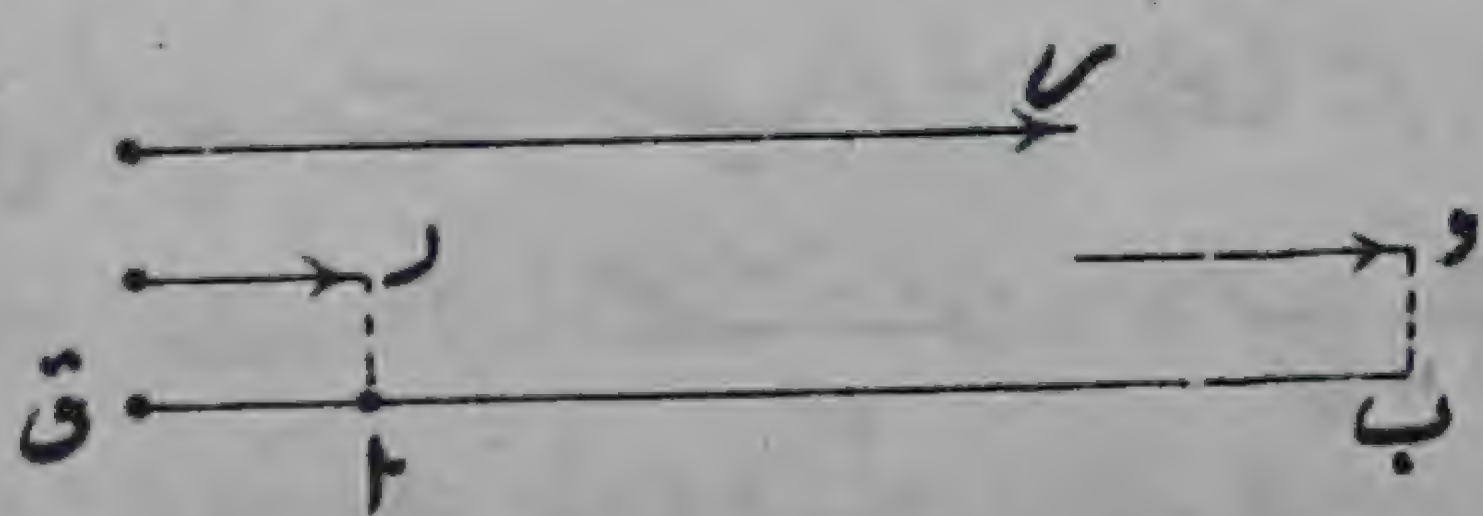
پس دونوں امتدادوں میں 'تغیر' یعنی بُعد = $ت \frac{س}{س - ر} \times \frac{1}{ت} \times \frac{س + ر}{س}$

$$= \frac{س + ر}{س - ر}$$

چونکہ س = ۳۳۳ میٹر فی ثانیہ اور ر = $\frac{۷۲۰۰۰}{۶۰ \times ۶۰}$ = ۲۰ میٹر فی ثانیہ

∴ امتدادوں میں 'تغیر' یا بُعد = $\frac{۳۳۳ + ۲۰}{۳۳۳ - ۲۰} = \frac{۳۵۳}{۳۱۳}$ = ۱٫۱۲۸

ڈوپلر والے اثر کے لئے عام 'جملہ'۔ واضح ہے کہ

سامع کی حرکت اور نیز ہَوا کے چلنے سے بھی سُر کے ظاہری امتداد پر اثر پڑیگا۔ فرض کرو مبدا اسیطرح ہَوا بھی سامع کی طرف چل رہی ہے اور اسکی رفتار فی ثانیہ (و) ہے۔ ایسی صورت میں جو موجیں مبدا سے ایک ثانیہ میں نکلینگی اس ثانیہ کے اختتام پر فاصلہ ۲ ب پر پھیل جائینگی جو س + و - ر کے مساوی ہے۔ دیکھو شکل ۴۱۔

شکل (۴۱)

ڈوپلر والے اثر کے توضیح کے لئے جبکہ مبدا متحرک ہو

پس طولِ موج $\frac{\text{م}+\text{و}-\text{ر}}{\text{م}}$ کی نسبت سے بدلے گا اور سامع کو (جو ساکن تصور کیا جاتا ہے) سُر کا ظاہری امتداد ت سے $\frac{\text{ت م}}{\text{م}+\text{و}-\text{ر}}$ میں بدلا ہوا محسوس ہوگا۔

اب فرض کرو سامع کو حرکت ہے۔ اگر ہوا نہ چلتی ہوتی اور سامع حالتِ سکون ہوتا تو م موجیں جو فاصلہ $\overline{\text{سھ}}=\text{م}$ پر پھیلی ہوتیں (دیکھو شکل ۴۲) ایک ثانیہ میں سامع کے پاس سے گزرتیں۔ لیکن ان حرکتوں کی وجہ سے، فی الحقیقت فاصلہ $\overline{\text{دج}}$ پر یعنی م + و - ر پر جو موجیں پھیلی ہونگی ایک ثانیہ میں سامع کے پاس سے گزرینگی۔

شکل ۴۲
ڈوپلر والے اثر کے لئے جبکہ سامع متحرک ہو

یہاں ر. سے مراد سامع کی رفتار ہے۔ اِس لئے ہوا اور خود سامع کی حرکت کی وجہ سے تعدد $\frac{\text{م}+\text{و}-\text{ر.}}{\text{م}}$ کی نسبت سے بدل جائیگا۔

پس امتداد کا کامل تغیّر، سامع اور مبداء دونوں کی حرکت کی وجہ سے، حسبِ ذیل ہوگا:

$$\frac{\text{م}+\text{و}-\text{ر}}{\text{م}} \times \frac{\text{م}}{\text{م}+\text{و}-\text{ر}} = \frac{\text{م}+\text{و}-\text{ر.}}{\text{م}+\text{و}-\text{ر}}$$

یعنی اگر حقیقی تعددِ ارتعاش ت ہے تو ظاہری تعدد

$$\text{ت}\ \frac{\text{م}+\text{و}-\text{ر.}}{\text{م}+\text{و}-\text{ر}}$$ ہوگا

جب ر اور ب دونوں صفر ہوتے ہیں یا دونوں کی قیمت اور علامت ایک ہی ہوتی ہے یعنے مبداء اور سامع یا تو ساکن ہوتے ہیں یا دونوں کی اضافی رفتار صفر ہوتی ہے تو مصرحہ بالا کسرا ہو جاتی ہے۔ جس سے یہ نتیجہ ماخوذ ہوتا ہے کہ جب تک سامع اور مبداء کی اضافی رفتار کچھ نہ ہو محض ہوا کے چلنے سے سُر کے امتداد میں تغیّر نہیں پیدا ہوتا۔ معہذا چونکہ علی العموم ہوا کی رفتار آواز کی رفتار کے مقابلہ میں بہت کم ہوتی ہے ظاہری امتداد کی قیمت ت $\frac{\text{سا} - \text{ب}}{\text{سا} - \text{ر}}$ لی جا سکتی ہے۔

[زائد مضمون منجانب مترجم۔ صفحہ ۲۷ پر آواز کی سماعت سے متعلق متوفی لارڈ ریلے کے ایک تجربہ کا مختصر ذکر ہوا تھا۔ اب ہم اُس کو زیادہ تفصیل سے بیان کرتے ہیں۔ صفحہ ۸۱ پر پانی کی موجوں کے سلسلے کی توانائی کے لئے جملے لکھے گئے تھے۔ تجربہ زیر بحث کی توضیح کیلئے اِس کے جاننے کی ضرورت ہے کہ آواز کی موج کی اِکائی تراش عمودی میں سے فی اِکائی وقت کس قدر توانائی گزرتی ہے۔ اِس کو ہم موجی حرکت کی مساوات سے راست ماخوذ کر لیتے ہیں۔ صفحہ ۵۵ پر جو مساوات دریافت ہوئی ہے ذراسی تبدیلی کے ساتھ اِس شکل میں لائی جا سکتی ہے:-

$$\text{ما} = \text{ط جب د} \left(\text{و} - \frac{\text{لا}}{\text{ر}}\right)$$

جسمیں (ی) سے مراد زاویئی رفتار (ط) سے مراد حیطہ ارتعاش
اور (ر) سے مراد موج کی رفتار ہے۔ موج کے اکائی حجم یعنے
اُس کی روانی کی سمت میں اکائی تراش عمودی اور اِکائی
طول کے حصّہ پر غور کرو۔ فرض کرو مقام (لا) پر بوقت
(د) موج کے اِکائی حجم کی مجموعی توانائی (ت) ہے اور
اس کے بالحرکت اور بالقوّہ اجزاء (ح) اور (ق) ہیں۔ چونکہ
ح = $\frac{1}{2}$ کمیت × (رفتار)^{2} اور رفتار کی قیمت $\frac{\text{فر ما}}{\text{فر د}}$
یعنے۔ ط ی جم ی (د - $\frac{\text{لا}}{\text{ر}}$) ہے۔

اس لئے ح = $\frac{1}{2}$ ثہ ط^{2} ی^{2} جم^{2} ی (د - $\frac{\text{لا}}{\text{ر}}$)

جسمیں (ثہ) موج کے واسطہ کی کثافت ہے۔ واسطہ بالفرض
کوئی گیس تصور ہو سکتا ہے۔

لیکن مُرتعش اجسام کی توانائی بالحرکت اور توانائی بالقوّہ
کا مجموعہ مستقل ہوتا ہے اور جب ایک قسم کی توانائی کی قیمت
اعظم ہوتی ہے تو دوسری قسم کی توانائی صفر ہو جاتی ہے۔
اِس لئے (ح) کی اعظم قیمت سے ح اور ق کے مجموعہ
کی یعنے پوری توانائی کا پتہ چلتا ہے۔ لہٰذا

ت = ح$_{\text{اعظم}}$ = $\frac{1}{2}$ ثہ ط^{2} ی^{2}

معہٰذا ق = ت - ح = $\frac{1}{2}$ ثہ ط^{2} ی^{2} {۱ - جم^{2} ی (د - $\frac{\text{لا}}{\text{ر}}$)}

اور موج کی توانائی فی اِکائی تراش عمودی فی طول موج = $\frac{1}{2}$ ثہ لہ ط^{2} ی^{2}

لیکن واضح ہے کہ طولِ موج لہ وہ فاصلہ ہے جو موج ایک کامل دَور کی مدت یعنے وقتِ دوران (د) میں طے کرتی ہے پس فی اِکائی تراش عمودی فی اِکائی وقت توانائی کے بہاؤ کی شرح موج کی رَوانی کی سمت میں

$$\frac{1}{2}\,\frac{\text{ثہ لہ ط}^{2}\,\text{ی}^{2}}{\text{د}} = \frac{1}{2}\,\text{ثہ رط}^{2}\,\text{ی}^{2}$$ ہے

جو (لا) اور (د) دونوں کے غیر تابع ہے۔

لارڈ ریلے نے اولف کی بوتل پر ایک سیٹی چڑھاکر اسمیں مُنھ سے یکساں دباؤ کے ساتھ ہوا پھونکنے کا اہتمام کیا۔ دباؤ کی پیمائش پانی کے ۹٫۵ سم اونچے ایک اسطوانے سے ہوتی تھی۔ اِس طرح سیٹی بجانے سے معلوم ہوا کہ دونوں جانب ۸۲٫۰۰۰ سم فاصلہ تک آواز بغیر کوشش کے سنائی دیتی تھی۔ تجربہ خانہ میں عمل کرکے دریافت کر لیا گیا کہ اِس دباؤ پر ہوا کی رفتار فی ثانیہ ۱۹۶ مکعب سم تھی۔ لہذا سیٹی میں جو توانائی صرف ہوئی

ت = ۱۹۶ × ۹$\frac{1}{2}$ × ۹۸۱ ارگ فی ثانیہ تھی۔

پس اِس شرح سے توانائی ایک نصف کرہ کی سطح میں سے گزرتی تھی جس کا مرکز سیٹی تھی (جو زمین پر واقع تھی) اور جس کا نصف قطر ۸۲٫۰۰۰ سم تھا۔ اگر اِس سطح پر آواز کی موج کا حیطہ ارتعاش (ط) ہو تو فی اِکائی تراش عمودی فی اِکائی وقت توانائی کے بہاؤ کی شرح

$\frac{1}{2}$ ثہ ط۲ ی۲ د ہے

اِس جملہ میں (ثہ) سے مراد ہوا کی کثافت ہے جو تقریباً ۰٫۰۰۱۳ کے مساوی شمار کی جا سکتی ہے۔

ی = (π۲) × تعدّد ارتعاش۔ تجربۂ زیر بیان میں تعدّد ارتعاش ۲۷۳۰ فی ثانیہ تھا۔

د = آواز کی رفتار جس کی قیمت اِس تجربہ میں ۳۴۱۰۰ سم فی ثانیہ تھی۔

پس اِس نصف کرہ کی پوری سطح پر توانائی کا بہاؤ فی ثانیہ

={π۲ × (۸۲٫۰۰۰)۲} × $\frac{1}{2}$ × ۰٫۰۰۱۳ × ط۲ (۴π۲ × ۲۷۳۰۲) × ۳۴۱۰۰

= ۱۹۶ × ۹٫۵ × ۹۸۱

مساوات کو حل کرنے سے ط یعنے اقل مسموع آواز کا حیطۂ ارتعاش = ۱٫۸ × ۱۰-۸ سم برآمد ہوتا ہے۔

ط کے معلوم ہو جانے سے اِس مقام پر آواز کی موج کی روانی سے ہوا کے مرتعش 'ذرّون' کی اعظم رفتار یعنے (ط ی) کی تعیین ہو سکتی ہے۔ حساب کرنے سے یہ اعظم رفتار ۰٫۰۰۱۴ سم فی ثانیہ پائی جاتی ہے۔

معہذا ہوا کے 'ذرّوں' کی اعظم کثافت = انکی اعظم رفتار / آواز کی رفتار = ۱٫۴ × ۱۰-۸

تجربہ کی ترتیب پر غور کرنے سے واضح ہوگا کہ سیٹی بجانے میں جو توانائی صرف ہوئی تھی سب کی سب آواز کی توانائی میں مبدّل نہیں ہوتی ہے۔ پس ط کی جو قیمت اوپر شمار ہوئی ہے درحقیقت کسیقدر زیادہ ہے۔

لارڈ ریلے نے ایک دوسرے طریقہ سے 'سُر' پیدا کرنے کا

دو شاخہ استعمال کر کے (ط) کی قیمت دریافت کی تھی۔طوالت کے خوف سے صرف تجربہ کے نتائج لکھدئے جاتے ہیں:

ط کی قیمت ۲۷ء۱ × ۱۰^{-۷} سم دریافت ہوئی

اور ہوا کے ذرّات کی اعظم کثافت = ۶ × ۱۰^{-۹}]

چوتھے باب کی مشقیں

---

(۱) - ہوا کی رفتار آواز میں کس طرح ناپی جاسکتی ہے ؟
کیا آواز کی رفتار ہوا میں (۱) تپش کی تبدیلی سے (ب) دباؤ کی تبدیلی سے، متاثر ہوتی ہے ؟
اگر ہوتی ہے تو کیونکر ؟ (کمبرج سینیر لوکل)

(۲) - دو مجوزہ مقام کے درمیان تجربے کر کے ہوا میں آواز کی رفتار کیسے دریافت کی جاسکتی ہے ؟
ایک دخانی جہاز ایک چٹان کی طرف جاتے ہوئے سیٹی بجاتا ہے۔ اور گونج دس ثانیہ بعد سنائی دیتی ہے۔ اس کے پانچ منٹ بعد سیٹی بجنے اور اس کی گونج سنائی دینے کے بیچ میں ۸ ثانیہ وقفہ گزرتا ہے۔ بتاؤ جہاز اب چٹان سے کس فاصلہ پر ہے اور اس کی رفتار کیا ہے۔ (آواز کی رفتار

ہَوا میں ۱۱۲۰ فٹ فی ثانیہ فرض کرو)

(۳)۔ سمجھاؤ کیوں آواز (۱) پانی کی سطح پر بہ نسبت خشکی کے (ب) ہَوا کے چلنے کی سمت میں بہ نسبت اُس کی مخالف سمت کے، زیادہ دور تک سنائی دیتی ہے۔ (ل - ی)

(۴)۔ جب سپاہی قطار باندھ کر بجتی ہوئی بینڈ کے پیچھے چلتے ہیں اور اُس کی آواز پر کان رکھ کر قدم جماتے ہیں تو دوسرے آدمیوں کو ایسا دکھائی دیتا ہے کہ سب سپاہی قدم ملکر نہیں رکھتے۔ بتاؤ اس کی کیا وجہ ہے۔

کیا اُن سب کے قدموں کی آواز قطار کے (۱) آگے (ب) پیچھے کے کسی شخص کو ملی ہوئی سنائی دیگی ؟ وجوہ کے ساتھ جواب لکھو۔ [ل - ی]

(۵)۔ ہَوا میں آواز کی رفتار کی تعیین کیسے ہوسکتی ہے بیان کرو۔ دو متوازی چٹانوں کے درمیان کھڑا ہوکر ایک شخص بندوق فیر کرتا ہے۔ اُس کو ایک گونج ½۱ ثانیہ کے بعد سنائی دیتی ہے۔ دوسری ½۲ ثانیہ بعد اور تیسری ۴ ثانیہ بعد۔ سمجھاؤ یہ گونج کی آوازیں اُس تک کس طرح پہنچتی ہیں اور دونوں چٹانوں کے بیچ میں کیا فاصلہ ہے ؟ آواز کی رفتار ہَوا میں ۱۱۲۰ فٹ فی ثانیہ

مانو۔ (ل۔ ی۔)

(۶) ایک جگہ جہاں ریل کی سڑک زمین کو کاٹ کر نکالی گئی ہے ایک شخص کھڑا ہو کر اپنی طرف آنیوالی ایک ریل گاڑی کی سیٹی سنتا ہے تو اس کو علیحدہ علیحدہ امتداد کے دو سُر سنائی دیتے ہیں اِن میں سے ایک سُر ایک پُل سے، جو گاڑی کے پیچھے واقع ہے، آواز کا انعکاس ہونے سے پیدا ہوتا ہے۔ بتاؤ کیوں سروں کے امتداد میں اختلاف ہے اور اِس کا کسطرح شمار ہو سکتا ہے۔ (ل۔ ی۔)

(۷)۔ ایک طریقہ بیان کرو جس سے ہوا میں آواز کی رفتار کی تعیین ہوئی ہے۔ ہوا کے چلنے سے اِس تعیین میں جو خطا پیدا ہوتی ہے اُس کو کیونکر ساقط کر سکتے ہیں سمجھاؤ۔

(۸)۔ کسی گیس میں آواز کی تبلیغ کی رفتار کے لئے ایک جملہ اخذ کرو۔ ہیڈروجن گیس میں ۱۰۰° مئی پر آواز کی رفتار کو، ہوا میں صفر درجہ مئی پر کی رفتار سے کیا نسبت ہے تقریبی طور پر دریافت کرو۔ (کلیۂ مدراس)

(۹)۔ کھلی ہوا میں آواز کی رفتار کس طرح دریافت ہوئی ہے؟

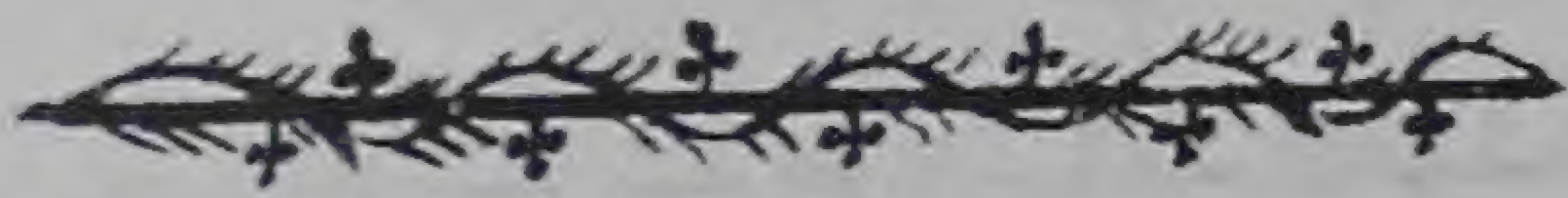
سپاہی جب قطار باندھ کر بجتی ہوئی بینڈ کے پیچھے چلتے ہیں تو دیکھنے والے کو ہمیشہ ایسا معلوم ہوتا ہے کہ

سب صفوں کے قدم ملکر نہیں اٹھتے بلکہ اُن کے اوقات
میں خفیف سا فرق ہوتا ہے - بتاؤ اِس کی کیا وجہ ہے۔
اگر فی دقیقہ سب صفیں ۱۳۰ بار قدم رکھتی ہیں اور آخری
صف کے قدم اور پہلی صف کے قدم میں بظاہر ایک
کامل قدم کی مدت کا فرق معلوم ہوتا ہے (یعنے جب
پہلی صف کا سیدھا قدم پڑتا ہوا نظر آتا ہے تو آخری کا بایاں)
تو دریافت کرو قطاروں کا طول کیا ہوگا۔
آواز کی رفتار ہوا میں ۱۱۲۰ فٹ فی ثانیہ لیجائے۔ (ل-ی-)

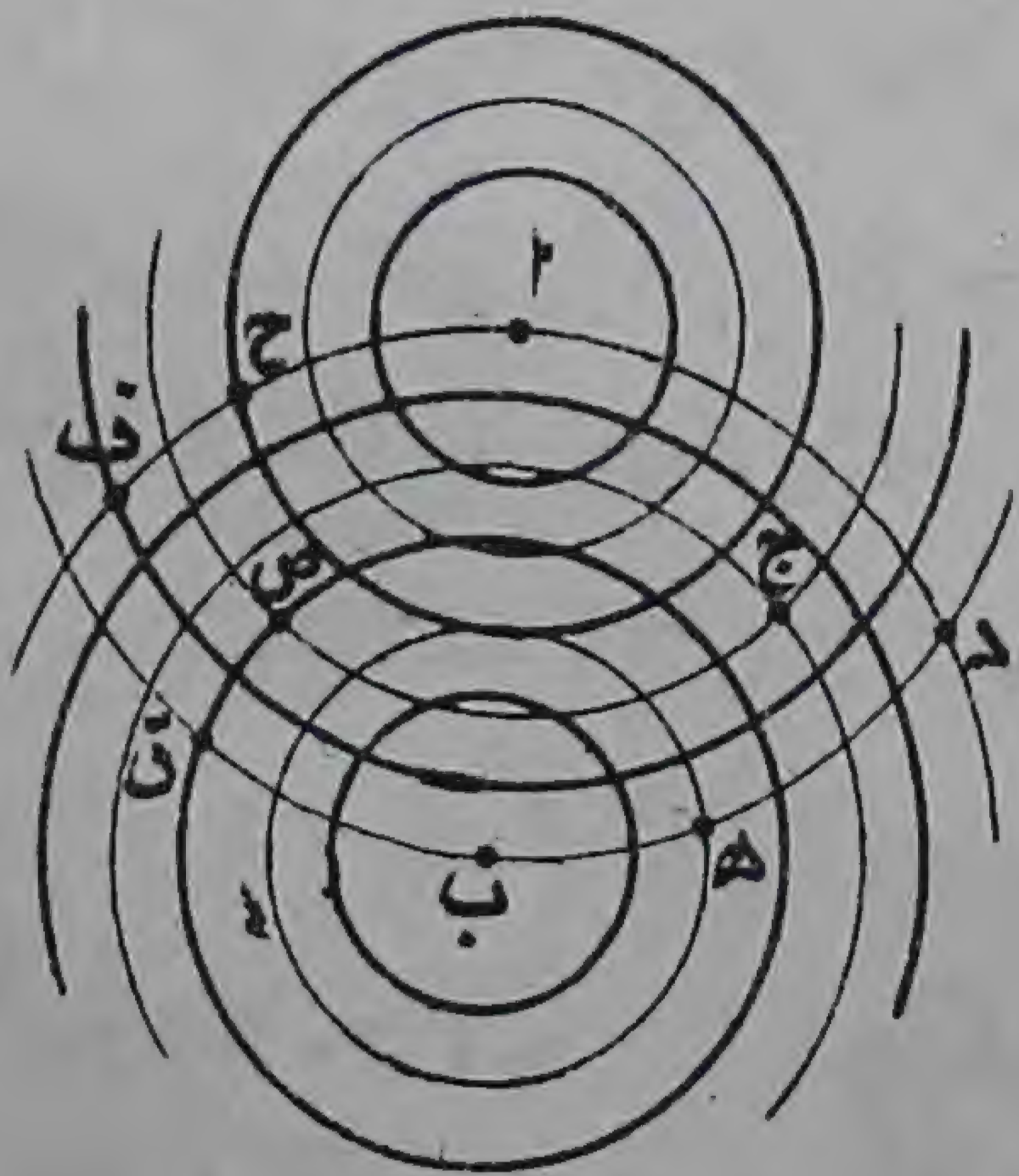
(۱۰)۔ ہوا میں آواز کی رفتار دریافت کرنے کا کوئی طریقہ
بیان کرو۔

ایک انجن ایک سرنگ کی طرف، جس کے اوپر ایک
چٹان واقع ہے، جاتے ہوئے چٹان سے آدھے میل
فاصلہ پر ایک مختصر سی سیٹی دیتا ہے۔
گونج کی آواز $\frac{1}{2}$۴ ثانیہ بعد انجن کے پاس لوٹ کر
آتی ہے۔ آواز کی رفتار ۱۱۰۰ فٹ فی ثانیہ مان کر
انجن کی رفتار شمار کرو۔ (ل-ی-)

(۱۱)۔ ڈوپلر والے اثر سے کیا مراد ہے؟
آواز کا ایک مبداء رفتار (د) کے ساتھ ایک شخص
کی طرف جو ایک ہی جگہ کھڑا ہوا ہے حرکت کرتا ہے۔
واسطۂ مابین میں آواز کی رفتار کو (ر) فرض کرکے سُر
کے ظاہری امتداد کو جو اُس شخص کو محسوس ہوگا حقیقی

امتداد سے کیا نسبت ہوگی دریافت کرو۔
یہ بھی ثابت کرو کہ جب آواز کا مبداء ایک جگہ ٹھرا رہتا ہے اور شخص اُس کی طرف حرکت کرتا ہے تو ظاہری اور حقیقی امتدادوں میں نسبت، پہلی نسبت کے متماثل نہیں ہوتی ہے۔
[ل۔ی۔]

پانچواں باب

تداخل ۔ گمک

اُصول تداخل ۔ آواز کے دو مبداء جن کا تعدّد ارتعاش ایک ہے جب ایک دوسرے کے قریب واقع ہوتے ہیں یا جب کبھی ایک ہی تعدّد کے دو موجوں کے سلسلے ایک دوسرے پر منطبق ہوتے ہیں، واسطہ ہر مقام پر دونوں موجوں کے حاصل کے زیرِ اثر رہیگا۔ پانی کی سطح پر موجیں بنا کر یا پارے کی سطح پر لہریں تیار کرکے اِسکی بخوبی توضیح کی جا سکتی ہے۔ فرض کرو شکل ۴۳ میں سطح مائع پر ا اور ب دو نقطے اہتزازی حرکت میں ہیں اور اُن کی ہئیتیں ہمیشہ

شکل (۴۳)
لہروں کے دو سلسلوں کے تداخل کی توضیح کیلئے

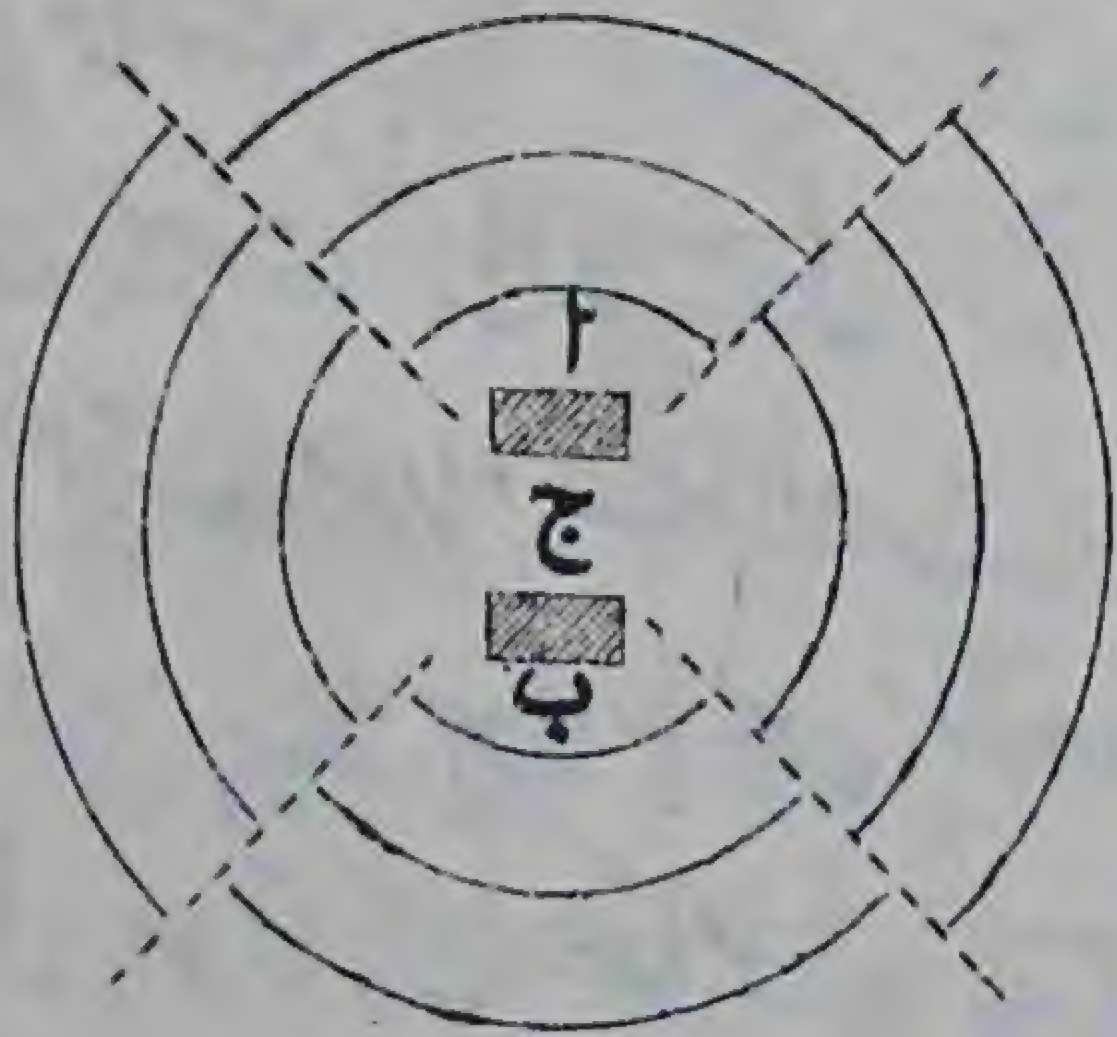
ایک ہوتی ہیں۔ اِن دونوں نقطوں سے موجیں دائروں کی شکل میں باہر کی طرف پھیلینگی - امتیاز کی غرض سے اَوج موٹی لکیر کھینچ کر بتائے گئے ہیں اور حضیض باریک لکیر کھینچکر۔ مقررہ آن میں (جس کے لئے شکل ۴۳ بنائی گئی ہے) ج' د' ھ وغیرہ نقطوں پر دونوں مبداؤں کی وجہ سے حضیض کی حالت ظاہر ہوگی - اِنہی مقاموں پر نصف دَوری مدّت بعد ہردو مبداء اَوج کی حالت پیدا کرینگے - بس یہ وہ مقام ہیں جہاں مائع کی حرکت بہت زیادہ ہوگی - ع' ف' ص اور ق وغیرہ نقطوں پر جب ایک مبداء سے اَوج پیدا ہوگا اُسی وقت دوسرے مبداء سے حضیض پیدا ہوگا - بس اگر دونوں مبداؤں کی حرکت ایک حدّت کی ہو تو اِن مقاموں پر حرکت صفر ہو گی - اور وہ ہمیشہ حالتِ سکون میں رہینگے -

اِس کا نتیجہ یہ ہوتا ہے کہ بعض مقاموں پر دونوں مبداؤں کی موجیں ایک دوسرے کی تائید کرتی ہیں اور دوسرے مقاموں پر مخالفت - جہاں تائید ہوتی ہے وہاں حرکت بہت بڑھ جاتی ہے اور جہاں اختلاف ہوتا ہے وہاں بہت کم ہوجاتی ہے - اِسی کیفیت کا نام 'تداخل' رکھا گیا ہے

شکل ۴۴ میں پارے کی سطح پر لہروں کا تداخل بتایا گیا ہے - سُر کے

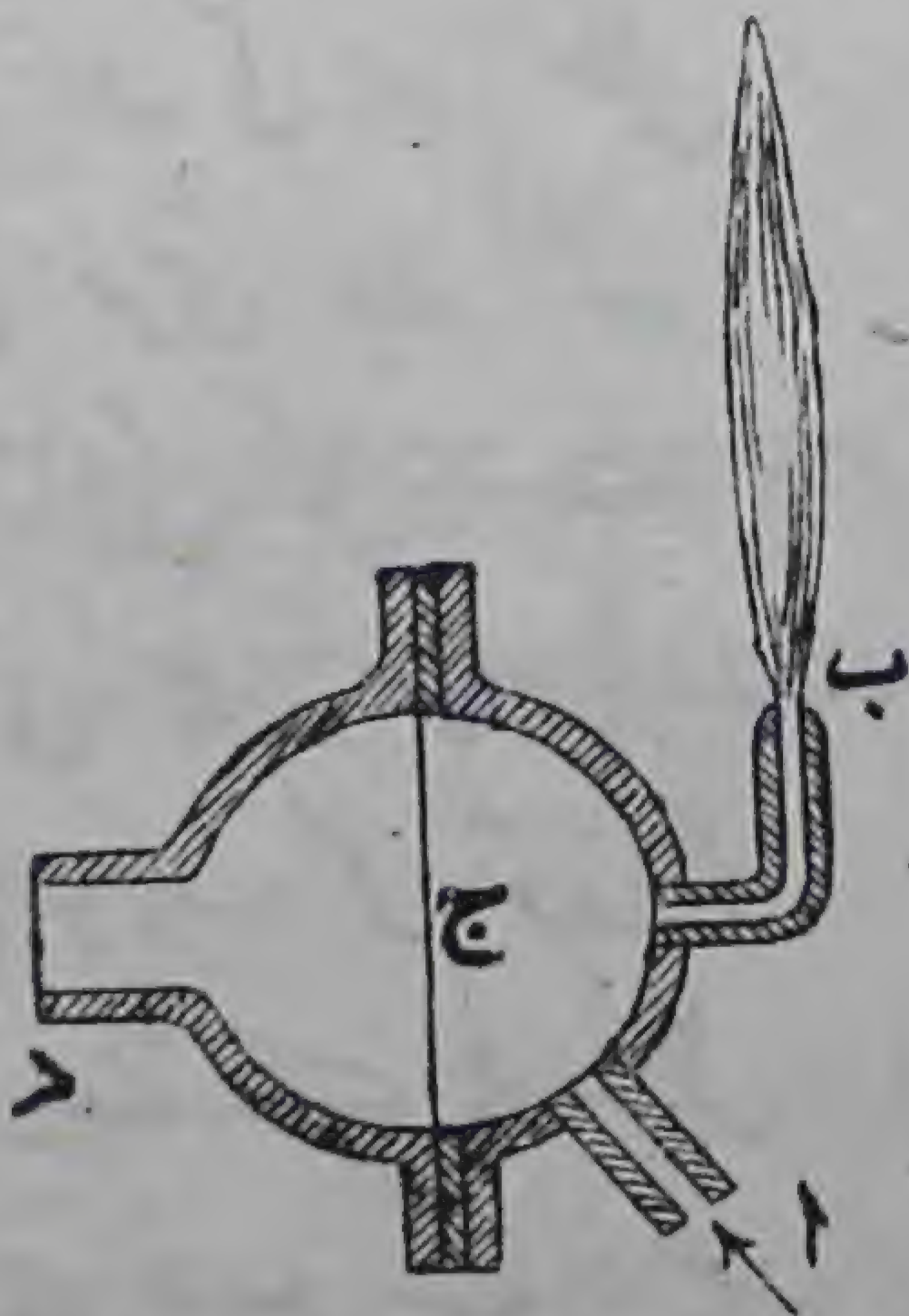
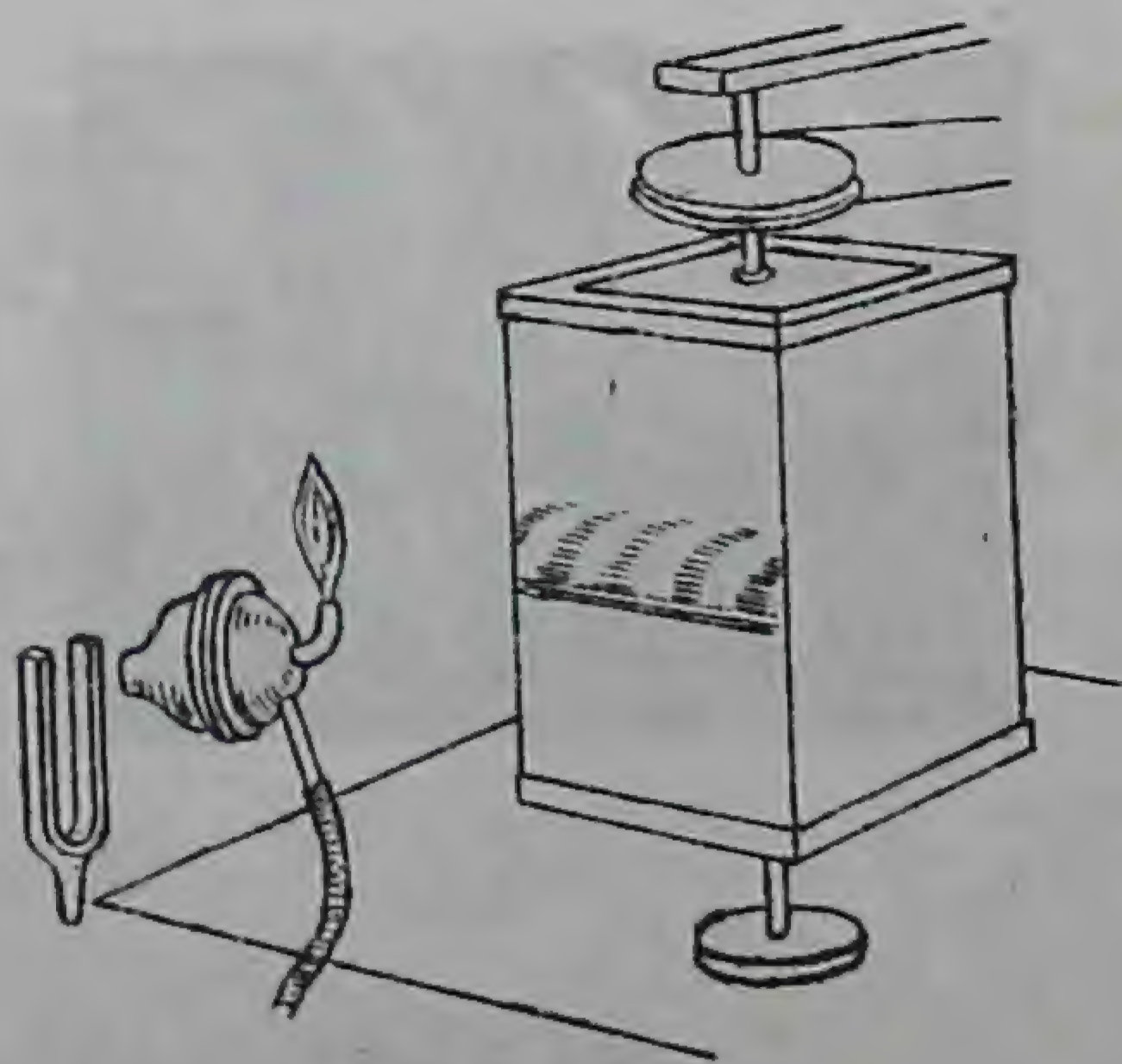
شکل (۴۴)
پارے کی لہروں کا تداخل

دو شاخے کی دونوں شاخوں سے دو باریک تار باندھ کر اُنکے آزاد سرے پارے میں ڈبوئے گئے اور دو شاخہ مرتعش کیا گیا تو یہ کیفیت پیدا ہوئی۔

سُر کے دو شاخہ کی موجوں کا تداخل تکثیف وتلطیف کی موجوں کا تداخل بھی بتایا جا سکتا ہے لیکن اِس کی عملی ترتیب چنداں سہل نہیں۔ ایک مرتعش دو شاخہ پر اگر غور کیا جائے تو معلوم ہوگا کہ جب شاخیں ایک دوسرے سے بعید ہوتی ہیں تو ا اور ب (دیکھو شکل ۴۵) کے پاس تکثیف پیدا ہوتی ہے اور ج کے پاس (جو شاخوں کے مابین ہے) تلطیف۔ جب شاخیں قریب ہوتی ہیں تو ج کے پاس تکثیف اور ا اور ب کے پاس تلطیف واقع ہوتی ہے۔ پس ا اور ب سے جو موجیں اٹھتی ہیں اُن کی ہئیت ہمیشہ ج سے اٹھنے والی موج کی ہئیت کے مخالف ہوتی ہے۔ شکل ۴۵ میں یہ موجیں دائری قوسوں کی شکل میں بتائی گئی ہیں۔ شکل کو غور سے دیکھنے سے معلوم ہوگا کہ دو شاخہ کے سُروں کے پاس سے

شکل (۴۵)
سُر کے دو شاخہ کی موجوں کا تداخل

جو چار نقطہ دار خط کھینچے گئے ہیں اِن پر موجوں کے تداخل سے ہوا کی کثافت غیر متغیّر رہتی ہے اِس لئے یہاں سکوت پایا جائیگا ٭

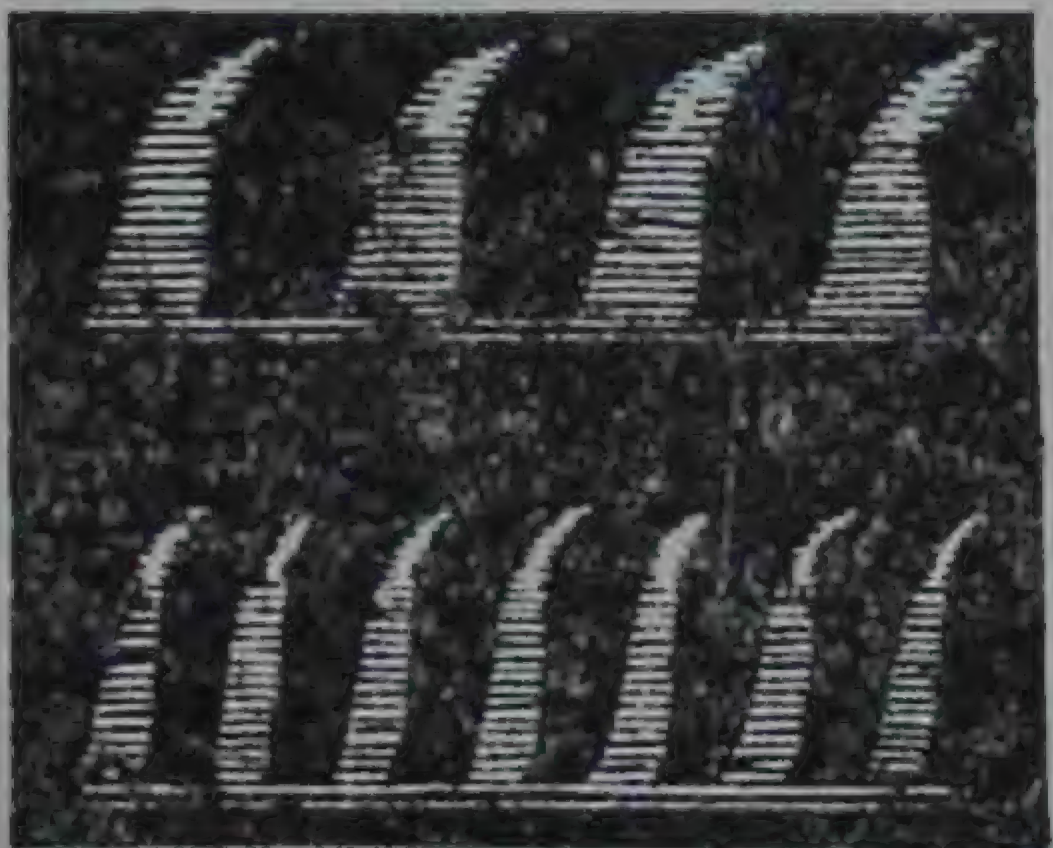
اِن نقطہ دار خطوط کے کسی مقام پر بھی اگر کسی وقت ا یا ب سے تکثیف کی حالت پیدا ہوتی ہے تو اُسی وقت وہاں ج سے تلطیف کی حالت بھی آجاتی ہے۔ اِس لئے وہاں کثافت میں تغیر ہونے نہیں پاتا۔ اگر دو شاخہ کو مرتعش کر کے کان کے قریب اُس کے محور پر اُس کو ہاتھ سے گھمایا جائے تو کبھی آواز بلند محسوس ہوگی اور کبھی مدّہم جب کان نقطہ دار خط پر واقع ہوتا ہے تو آواز مدّہم ہو جاتی ہے۔

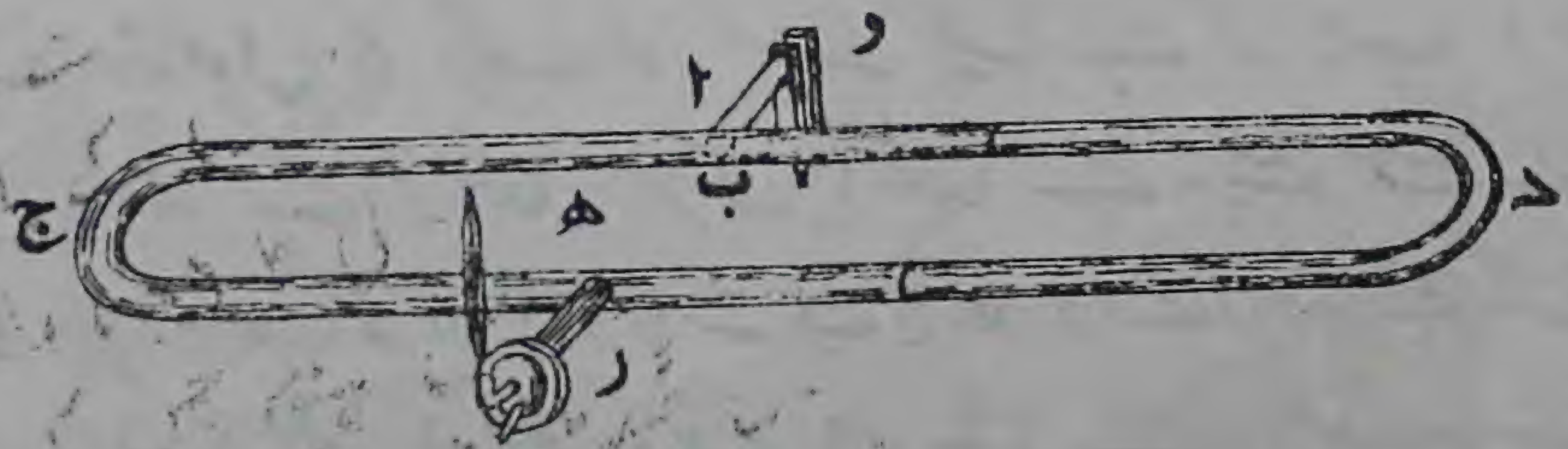
فشار پیمائی شعلہ۔ ہوا کی تکثیف سے جو موجیں بنتی ہیں اُنکی شناخت کیلئے فشار پیمائی شعلہ بہت مفید ہوتا ہے۔ ایک چھوٹے اور بند کمرے میں گیس نلی ا کے ذریعہ سے داخل ہو کر (شکل ۴۶) نوکدار نلی ب میں

شکل ۴۷
گھومتا آئینہ فشار پیمائی شعلہ دیکھنے کیلئے

شکل ۴۶
فشار پیمائی شعلہ

سے خارج ہوتی ہے۔ یہاں اس کو سلگھانے سے ایک اونچا
پتلا شعلہ نکلتا ہے۔ کمرے کے ایک جانب ربڑ کی جھلّی ج
سے حصار باندھی گئی ہے۔ آواز کی موجیں د کے پاس کمرے
میں داخل ہوتی ہیں اور دباؤ کے تغیّر سے جھلّی ج اپنے
طبعی مقام سے اندر باہر ہٹتی ہے جس کی وجہ سے گیس
کے دباؤ میں تبدیلی واقع ہوتی ہے اور اُس کی مناسبت
سے شعلہ اونچا نیچا ہوتا ہے۔ شعلہ کا "خیال" گھومتے ہوئے
آئینہ میں اگر دیکھا جائے تو آواز جاری رہنے تک خیال
دندانہ دار نظر آئیگا (شکل ۴۷)۔ اور اِن دندانوں کی نوعیت
سے آواز کی موجوں کی کیفیت کے متعلق صحیح پتہ
چلیگا۔

شکل (۴۸) میں شعلہ کی چند معمولی شکلیں بتائی گئی ہیں۔
ارگن نلی کو دھیما پھونکنے سے شعلہ کی جو شکل دکھائی دیتی ہے شکل ا میں بتائی گئی ہے اُسی نلی میں زیادہ زور سے پھونک کر تعدّد کو دوہرانے سے جو شکل بنتی ہے ب کے ذریعہ بتائی گئی ہے۔

ا
ب

شکل (۴۸)
فشار پیما شعلے گھومتے ہوئے آئینہ میں اگر دیکھے جائیں

نلی کے دو شاخوں میں سے گزرنے کے باعث آواز کا تداخل - شکل (۴۹) میں کسیقدر اونچے سُر کا ایک دوشاخہ (د) ایک نلی ۲ ب کے منہ ۲ کے سامنے رکھا گیا ہے - پچکاؤ کی موجیں نلی ۲ب میں سے ہوکر ج ب د نلی میں داخل ہوتی ہیں - (ب) کے پاس اُن کی دو حصّوں میں تقسیم ہوتی ہے ایک حصہ ب ج سے گزرتا ہے دوسرا ب د سے - پھر یہ دونوں حصے (ھ) کے پاس ملکر ھ ز نلی میں سے ہوتے ہوئے (ز) کے پاس فشار پیمائی شعلہ پر اپنا اثر ظاہر کرتے ہیں - نلی کا (د) والا حصہ باقی دوسرے حصہ کے اندر کچھ داخل ہے جس کی وجہ سے راستہ ب د ھ کا طول گھٹ بڑھ سکتا ہے - اگر ب ج د اور ب د ھ ایک ہی طول کے راستہ ہوں تو موجوں کو (ب) سے (ھ) تک آنے میں دونوں راستوں سے مساوی وقت صرف ہوگا

شکل (۴۹)
آواز کا تداخل دو شاخی نلی کے ذریعہ سے

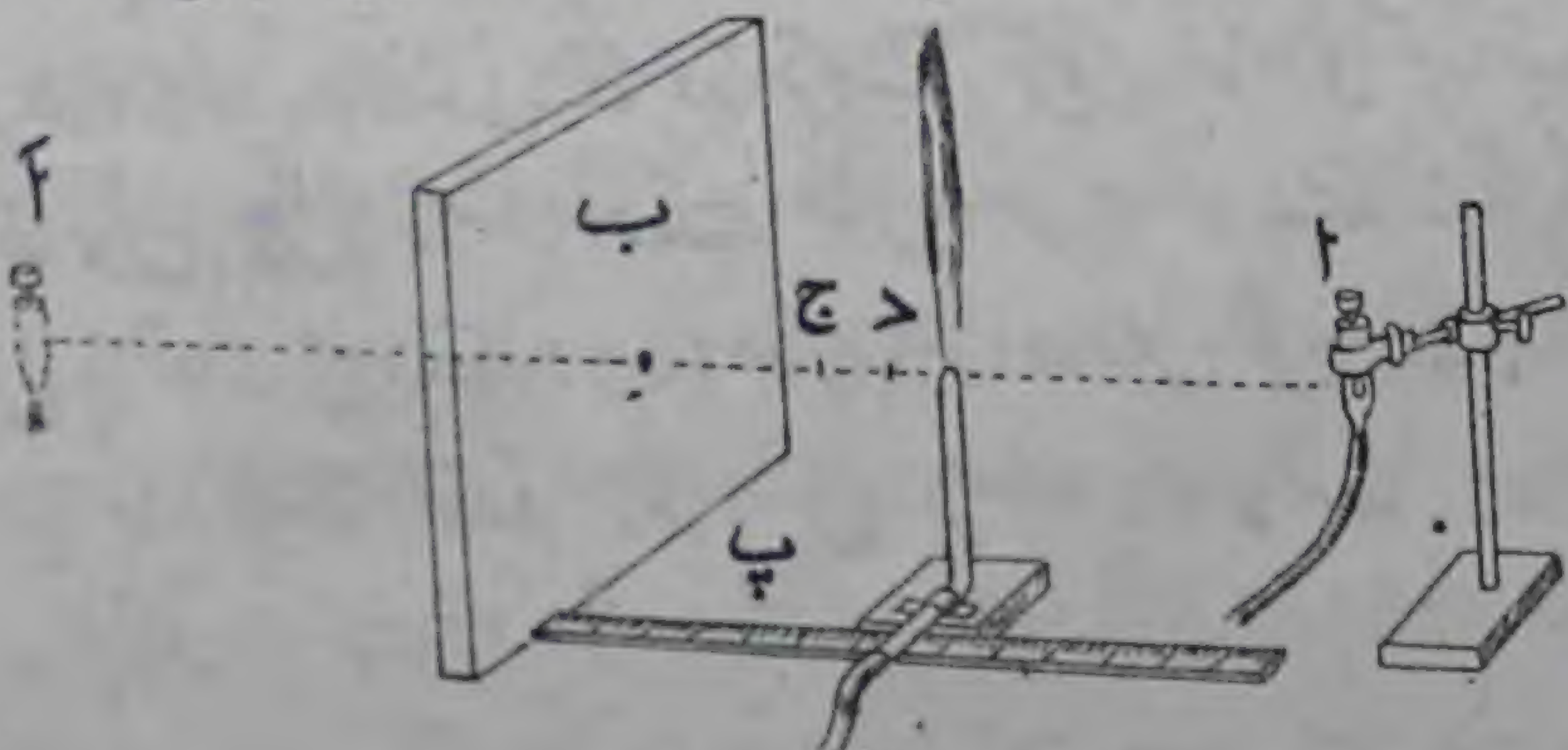
اِس لئے ھ کے پاس اُن کی ہٹتیں ہمیشہ ایک ہونگی -

اور اُن کی باہم دیگر تائید سے فشار پیمائی شعلہ پر معتدبہ اثر پڑے گا۔ اِس کے برعکس اگر (د) کو کھینچکر ب د ھ والا راستہ ب ج ھ سے نصف طول موج زیادہ لمبا بنایا جائے تو ایک راستہ سے جسوقت (ذ) کے پاس تکثیف کی حالت وارد ہوگی دوسرے راستہ سے تلطیف کی حالت پہنچکر اُس کے اثر کو زائل کردیگی۔ پس فشار پیمائی شعلہ پر کسی قسم کا اثر نہ پڑیگا اور وہ خاموش جلتا رہیگا۔ (د) کو اور آگے کھینچنے سے ایک ایسی وضع پیدا ہوسکتی ہے کہ ب د ھ والا راستہ ب ج ھ سے ایک سالم طول موج لمبا ہوجاتا ہے۔ تب دونوں موجیں (ذ) کے پاس ایک ہی ہئیت میں پہنچینگی جس سے شعلہ پھر بھڑک جائیگا

پس ایسے متعدد مقاموں کا ایک سلسلہ دریافت ہوسکتا ہے کہ اگر (د) وہاں واقع ہو تو شعلہ خاموش جلتا ہے اور دوسرے مقاموں کا ایک اور سلسلہ ایسا ہے کہ جب (د) وہاں ہوتا ہے تو شعلہ بھڑک اُٹھتا ہے۔ پہلے سلسلے کے مقام ایسے ہیں کہ ب د ھ والا راستہ ب ج ھ والے راستہ سے بالترتیب بقدر $\frac{ل}{۲}$، $\frac{۳ل}{۲}$، $\frac{۵ل}{۲}$ وغیرہ بڑا ہوتا ہے۔ دوسرے سلسلے کے مقام ایسے ہیں کہ اول الذکر راستہ آخرالذکر سے بقدر صفر، ل، ۲ ل، ۳ ل وغیرہ بڑا ہوتا ہے۔ ل سے مراد یہاں آواز کا طول موج ہے۔ واضح ہے کہ اِن مقاموںکی

کی تعیین کے بعد اُن کے درمیانی فاصلوں کو ناپنے سے طولِ موج لہ کی قیمت دریافت ہوسکتی ہے۔

تداخل کے ذریعہ اونچے سُر کے امتداد کی تعیین۔ اونچے سُر سے حسّاس شعلہ متاثر ہوتا ہے۔ اور اِس سے تداخل کی شناخت ہوجاتی ہے۔ بطور مبدا، آواز گالٹن کی سیٹی (۲) یکساں دباؤ کے ساتھ (ہوا کی معمولی گیس کی ایک تھیلی میں جمع کرکے دباکر) بجائی جائے۔ دیکھو شکل (۵۰)۔ سیٹی کمرے کی ایک دیوار یا کسی وسیع تختہ (ب) سے جس کی وضع انتصابی ہو تقریباً ایک میٹر دُور ہونی چاہئے۔ آواز کی موجیں ۲ سے نکلکر ب سے منعکس ہوتی ہیں اور اس طرح پلٹ کر آتی ہیں گویا ان کا مبدا، ۲ کا خیالی ۲ً ہے۔

اگر فاصلہ ۲ ج اور ۲ً ج میں تفاوت ایک (یا کوئی اور صحیح عدد) کامل طولِ موج ہے تو راست جانیوالی اور لوٹ کر آنیوالی موجیں ایک دوسرے کی تائید کرتی ہیں۔ پس اگر حسّاس

(شکل ۵۰)
امتداد کی تعیین حساس شعلے کے ذریعہ سے

شعلہ اس مقام پر رکھا جائے تو زور سے شور کرے گا۔ اگر دوسرے مقام (د) پر رکھا جائے ایسا کہ اَد اور ا د فاصلوں میں نصف طول موج کے کسی طاق عدد کا تفاوت ہے تو وہاں یعنے (د) پر راست جانیوالی اور واپس لوٹ آنیوالی موجیں ایک دوسرے کو تلف کردینگی اور حساس شعلہ خاموش جلیگا۔ اِس طور پر شعلہ کے خاموش اور شور کے ساتھ جلنے کے مقاموں کا ایک ایک سلسلہ دستیاب ہوگا۔

چونکہ اَج - اج = ع لہ

اور اَد - اد = ع لہ + $\frac{لہ}{۲}$

∴ (اَد - اَج) + (اج - اد) = $\frac{لہ}{۲}$

یعنے ۲ ج د = $\frac{لہ}{۲}$

∴ ج د = $\frac{لہ}{۴}$

پس شعلہ کے خاموش جلنے کے مقام اور اُس سے قریب ترین شور کے ساتھ جلنے کے مقاموں میں پاؤ طول موج کا فاصلہ ہے۔ اِسلئے دو قریب ترین خاموشی کیساتھ جلنے کے مقاموں میں فاصلہ آدہے طول موج کا ہے۔ اگر اُسوقت کی تپش پر آواز کی رفتار (س) معلوم ہو اور اس تجربہ سے اسکا طول ناپ لیا جائے تو تعدد ارتعاش (ت) دریافت ہوجاتا ہے۔ کیونکہ

ت = $\frac{س}{لہ}$ [تیسرا باب صفحہ ۱۰۸]

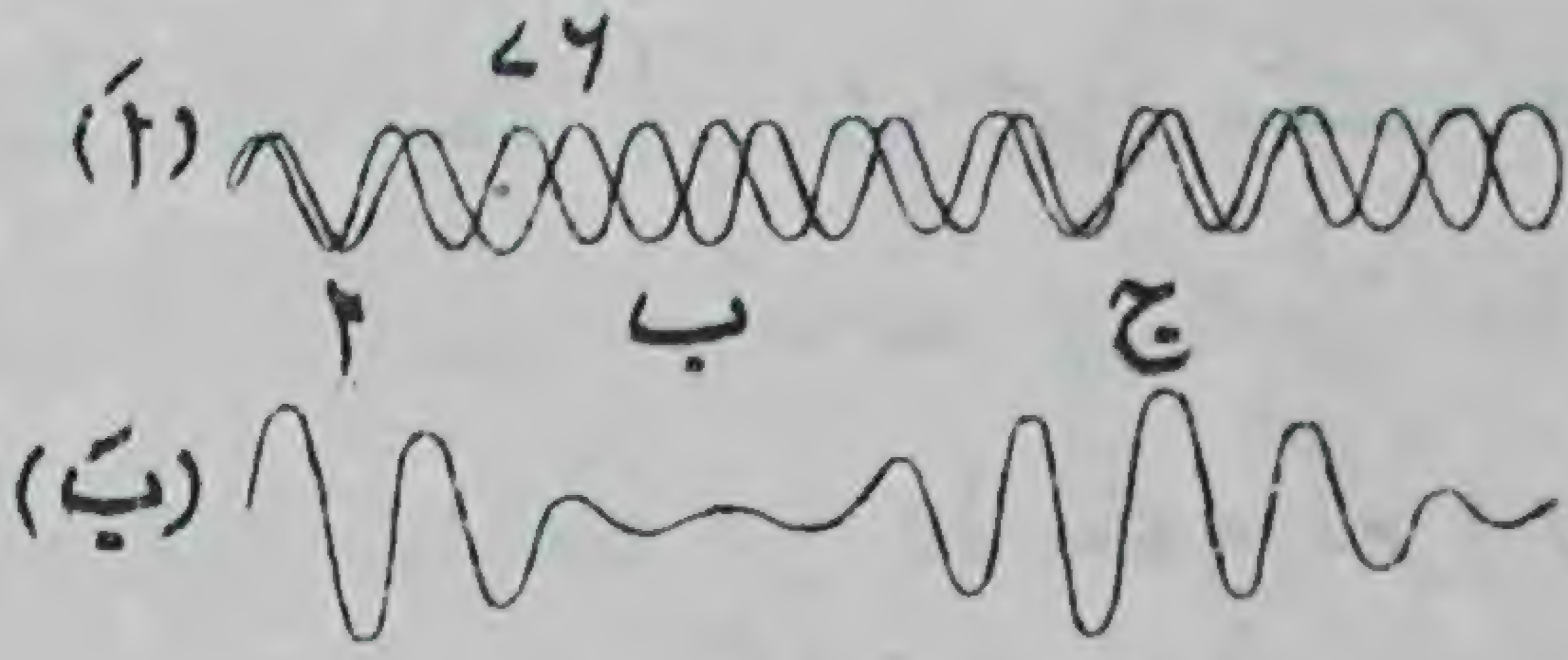
تجربہ (۳۱)۔ تداخل کے ذریعہ امتداد کی تعیین۔
شکل ۵۸ کی طرح گالٹن کی سیٹی اور حساس شعلہ کو کمرے کی ایک دیوار کے نزدیک ترتیب دو۔ اگر شعلہ کو گیس ایک معمولی گیس کی تھیلی سے پہنچائی جاتی ہے تو دباو میں حسب ضرورت کمی زیادتی تھیلی پر باٹیں رکھنے سے کیجاسکتی ہے حتی کہ شعلہ کے قریب مُنہ سے سیٹی بجانے یا کنجیوں کا جھیلہ کھڑکھڑانے سے شعلہ شور کرنے لگے۔ شعلہ کی ٹیکن کے بازو سے ایک میٹری پیمانہ (ب) (جس کی تقسیم ملی میٹروں میں ہوئی ہو)، دیوار (ب) کے ساتھ عمودی وضع میں رکھو۔ شعلہ کو اِس پیمانہ کے متوازی حسب ضرورت سرکاؤ یہانتک کہ شعلہ ایک دم اونچا اوٹھ کر خاموش جلنا شروع کرے۔ اب شعلہ جس مقام پر ہوگا وہاں راست اور منعکس موجیں ایک دوسرے کو تلف کرتی ہونگی۔ پیمانہ (ب) پر شعلہ کا مقام پڑھ لو۔ پھر ٹیکن کو آہستہ آہستہ دیوار سے دور ہٹاکر شعلہ کے خاموش جلنے کا دوسرا مقام معلوم کرلو۔ اِس طرح پیمانہ پر خاموشی کے متعدد مقاموں کے نشاں پڑھ لئے جائیں۔ اِن سے دو قریب ترین خاموشی کے مقاموں کا اوسط فاصلہ ماخوذ کیا جائے۔ چونکہ یہ فاصلہ $\frac{\lambda}{2}$ ہے اس سے طولِ موج معلوم ہوجاتا ہے۔ تجربہ کے وقت جو تپش ہو اُس کے لحاظ سے ہوا میں آواز کی رفتار (س) معلوم کرکے سیٹی کے سُر کا تعدد (ت) شمار کیا جائے:

ت = ط/ک

آواز کی ضربیں ۔ جب آواز کے مبداؤں کا تعدد ایک ہی ہوتا ہے ان کی موجوں کے تداخل سے کسی ایک مقام پر جو حالت پیدا ہوتی ہے مستقل ہوتی ہے۔ مثلاً شکل ۱۴۴ میں د، ج یا ھ کے پاس ہمیشہ "خلل" بہت زیادہ رہیگا اور ع، ف اور ص کے پاس بہت قلیل۔ مگر جب دو مبداؤں کے تعدد میں پوری مساوات نہیں ہوتی بلکہ خفیف سا تفاوت ہوتا ہے تو اُن کے قریب کے ایک مقررہ مقام پر واسطہ کی حالت میں مسلسل تغیّر محسوس ہوتا ہے۔ ایک ہی وقت میں کبھی وہاں دونوں مبداؤں سے تکثیف یا تلطیف کی حالت ملکر پہنچتی ہے جس کی وجہ سے اُس مقام پر بہت خلل واقع ہوتا ہے۔ تھوڑی دیر بعد زیادہ تیز ارتعاش والا مبداء دوسرے مبداء سے آدھا ارتعاش بڑھ جاتا ہے پس مقام مذکور پر جب ایک مبدا سے تکثیف کی حالت آتی ہے تو دوسرے سے تلطیف آ پہنچتی ہے۔ اس اختلاف کے باعث وہاں خلل بہت قلیل ہو جاتا ہے۔ اِس لئے ایسی حالت میں مرتعش جسموں کے سُر کے علاوہ کبھی آواز بلند ہو جائیگی اور کبھی پست۔ آواز کی حدّت میں اِس طرح اونچ نیچ پیدا ہونے کا نام ضرب رکھا گیا ہے ؛

شکل ۱۵ میں دو ایسی موجیں بتائی گئی ہیں جن کے

تعدّدوں میں ۶ اور ۷ کی نسبت ہے۔ ا کے پاس دونوں موجوں کی ہئیت ایک ہے اِس لئے وہاں موجیں ایک دوسرے کی تائید کرتی ہیں۔ ب کے پاس

(شکل ۱۵)

منحنیٔ ضربوں کی پیدائش کی توضیح کے لئے

اُن کی ہئیتیں بالکل متضاد ہیں لہٰذا وہاں ایک موج دوسری موج کی مخالفت کرتی ہے۔ ج کے پاس پھر انکی ہئیتیں ایک ہو جاتی ہیں۔ منحنی (ب) ان دونوں موجوں کا حاصل ہے۔ اُس کی شکل سے، ضربوں میں آواز کی حدّت کا جو اُتار چڑھاؤ پایا جاتا ہے، صاف ظاہر ہوتا ہے ÷

طالبِ علم کو شکل (۱۵) کے معائنہ سے یہ بھی معلوم ہوگا کہ ا سے ج تک واسطہ کی جو حالت بتائی گئی ہے اگر یہ حالت فی ثانیہ کئی بار دوہرائی جاتی ہے تو اتنے ہی ضرب، فی ثانیہ سنائی دینگے۔ مبداؤں کے تعدّدوں میں جو تفاوت ہوگا ضربوں کی تعداد فی ثانیہ وہی ہوگی۔

صاف ضربیں اُس وقت پیدا ہوتی ہیں جبکہ آواز کے دونوں مبداء ایک ہی قسم کے ہوتے ہیں۔ اگر سُر پیدا کرنے کے دو دو شاخوں کو جن کے تعدّدوں میں بالفرض ۳ کا

فرق ہے اُن کے 'صندوقچوں' پر چڑھا کر مرتعش کیا جائے
تو فی ثانیہ تین ضربیں آسانی سے سنائی دینگی۔ یہ معلوم
کرنے کے لئے کہ ان میں سے کس دو شاخہ کا تعدّد بڑھا
ہُوا ہے ایک دو شاخہ پر تھوڑا سا نرم موم جما کر اس کا
تعدّد قدرے گھٹا دیا جائے۔ اگر اس سے ضربوں کی تعداد
پہلے سے گھٹ گئی تو واضح ہے کہ اسی دو شاخہ کا
تعدّد بڑھا ہوا تھا۔

دو تنے ہوے تاروں کو جب ہم آہنگ بنانا ہوتا
ہے تو ضربوں سے بہت مدد لی جاتی ہے۔ اس لئے کہ
جوں جوں دونوں کے سُر ملنے کے قریب پہنچتے ہیں
ضربیں دیر دیر سے پیدا ہوتی ہیں آخر میں جب سُر بالکل
ایک ہو جاتے ہیں تو ضربیں مفقود ہو جاتی ہیں۔ جس تختہ
پر تار چڑھائے گئے ہوں اگر اُس پر ہاتھ رکھا جائے تو
علاوہ سنائی دینے کے ضربیں ہاتھ کو بھی محسوس ہونگی۔
ارگن باجوں میں بعض موسیقی اثرات پیدا کرنے کی
غرض سے بھی ضربیں استعمال ہوتی ہیں ووکس ہومانہ
(Vox humana) اور ووکس انجیلیکا (Vox angelica)
سٹاپوں میں قریب قریب مساوی تعدّدوں کی دو نلیوں
سے کام لیا جاتا ہے۔ اِن سے جب آواز نکلتی ہے تو
ضربوں کی وجہ سے اُس میں ایک قسم کی تھرتھراہٹ
محسوس ہوتی ہے جو انسان کی آواز کے مشابہ ہوتی ہے

اجتماعی سُرتیاں۔ جب دو آواز دینے والے مبداؤں کے ارتعاش سے ضربیں کافی جلد جلد پیدا ہوتی ہیں تو ایک سُرتی جس کو ضرب کی سُرتی کہتے ہیں نمود ہوتی ہے۔ اُس کا تعدّد مبداؤں کے سُروں کے تفاوت کے مساوی ہوتا ہے۔ اِس سُرتی کے وجود کے متعلق کوئی شبہ نہیں لیکن اُس کے اسباب ابھی اچھی طرح معلوم نہیں ہوئے۔ سُرتی تحریکوں یا دھکّوں کے تواتر سے پیدا ہوتی ہے۔ ضربوں میں آواز علی التواتر بلند اور پست ہوتی ہے اِس سے وہ حالت نہیں پیدا ہوسکتی جو دھکّوں سے منسوب ہوتی ہے۔ اسباب کچھ بھی ہوں واقعات یہ ہیں کہ جب کبھی دو خالص سُرتیاں ملکر نکلتی ہیں اِن سے علاحدہ، ایک سلسلہ کی شکل میں چند سُرتیاں پیدا ہوتی ہیں اگرچہ علی العموم ان کا امتیاز مشکل ہوتا ہے۔ ان میں سے ایک سُرتی جس کو ہم جمعی سرتی کہینگے ایسی ہے کہ اس کا تعدّد ابتدائی سرتیوں کے تعدّدوں کے مجموعہ کے برابر ہے۔ دوسری سُرتی کا (جس کو تفریقی سُرتی نام دیا جاتا ہے) تعدّد ابتدائی سرتیوں کے تعدّدوں کے تفاوت کے مساوی ہے۔ یہ دونوں پہلی اجتماعی سُرتیاں کہلاتی ہیں۔

ان کے ماسوا اور بھی اجتماعی سُرتیاں ہیں جو پہلی اجتماعی اور ابتدائی سُرتیوں کے 'ملنے' سے پیدا ہوتی

ہیں۔ معہذا خود اجتماعی سُر تیاں بھی ہوتی ہیں جن کے تعدّد ابتدائی سرتیوں کے تعدّدوں کے دو چند ہوتے ہیں۔ پس اگر ابتدائی سُرتیوں کے تعدّد (م) اور (ن) فرض کرلئے جائیں تو حسب ذیل نئی سُرتیاں حاصل ہوتی ہیں :-

تعدد	م اور ن	ابتدائی سُرتیاں
"	م + ن	پہلی جمعی سُرتی
"	م - ن	" تفریقی "
"	۲م اور ۲ن	خود اجتماعی سُرتیاں
"	۲م + ن	
"	۲م - ن	

اِن سرتیوں کا اصل مبداء کیا ہے ہنوز اچھی طرح معلوم نہیں ہوا۔ لیکن سمجھا یہ جاتا ہے کہ کان یا بعض صورتوں میں خود مبداء آواز کے آلاتِ ارتعاش کے تشاکل میں نقص ہونے سے یہ سُرتیاں پیدا ہوتی ہیں۔

پہلی جمعی سُرتی، دو ارگن نلیاں ایک دوسرے کے قریب میں زور سے بجاکر (یا ہارمونیم کے دو سُر بجاکر) کان نزدیک لیجانے سے سنائی دیتی ہے۔ اگر حساب کرکے اس کا امتداد دریافت کرلیا جائے اور اِس اِمتداد کا ایک سُر پہلے سے بجاکر کان کو اُس سے آشنا کرلیا جائے

تو اُس کی شناخت ہوتی ہے۔
گمک۔ اکثر بڑے جمود کی جسمیں بھی نہایت چھوٹی قوتوں کے عمل سے ارتعاش کی حالت میں لائی جاسکتی ہیں بشرطیکہ یہ قوتیں مناسب اوقات میں باقاعدہ طور پر عمل کریں۔ مثلاً اگر کسی وزن دار جسم کو تار سے لٹکا کر ایک نہایت باریک ریشم کا ریشہ اُس سے باندھا جائے تو ریشہ کو مناسب اوقات میں تھوڑا تھوڑا کھینچنے سے وزن دار جسم بتدریج وسیع پیمانہ پر اہتزاز کرنے لگتا ہے۔ شرط یہی ہے کہ ریشہ اُسی وقت کھینچا جائے جبکہ جسم اس کی سمت میں حرکت کرنے کا متقاضی ہو۔ ریشہ اتنا مہین بھی لیا جاسکتا ہے کہ اُس کو مسلسل کھینچکر جسم کو وضع سکون سے اگر ذرا بھی دور تک ہٹانے کی کوشش کی جائے تو ریشہ ٹوٹ جائے۔

جب کبھی دو متشابہ جسموں کا تعدّد ایک ہوتا ہے اور دونوں مناسب طریقہ پر باہمدیگر باندہے جاتے ہیں تو اُن میں سے کسی ایک کو ارتعاشی حرکت دینے سے دوسرا بھی مرتعش ہونے لگتا ہے۔ مثلاً ایک ہی سُر کے دو دوشاخوں کو قریب رکھ کر (یا ایک ہی صندوقچہ پر کھڑا کرکے) ایک کو سارنگ کی کمان کے ذریعہ زور سے رگڑ کر مرتعش کیا جائے تو دوسرا دوشاخہ بھی ارتعاش کرنے لگے گا۔ پہلے دوشاخہ کے ارتعاش سے ہوا میں

تکثیف و تلطیف کی جو موجیں پیدا ہونگی دوسرے
دو شاخہ کے پاس مناسب اوقات میں پہنچکر اُس پر عمل
کرینگی جس سے وہ تھوڑی ہی دیر بعد ارتعاش کی حالت
میں آجائیگا۔ اِسی طرح اگر دو تار ایک ہی تختہ پر تانے
جائیں اور دونوں کا تعدّد ارتعاش ایک ہی ہو تو ان میں
سے ایک تار کو مرتعش کرنے سے دوسرا بھی متاثّر ہوکر
ارتعاش کرنے لگے گا۔

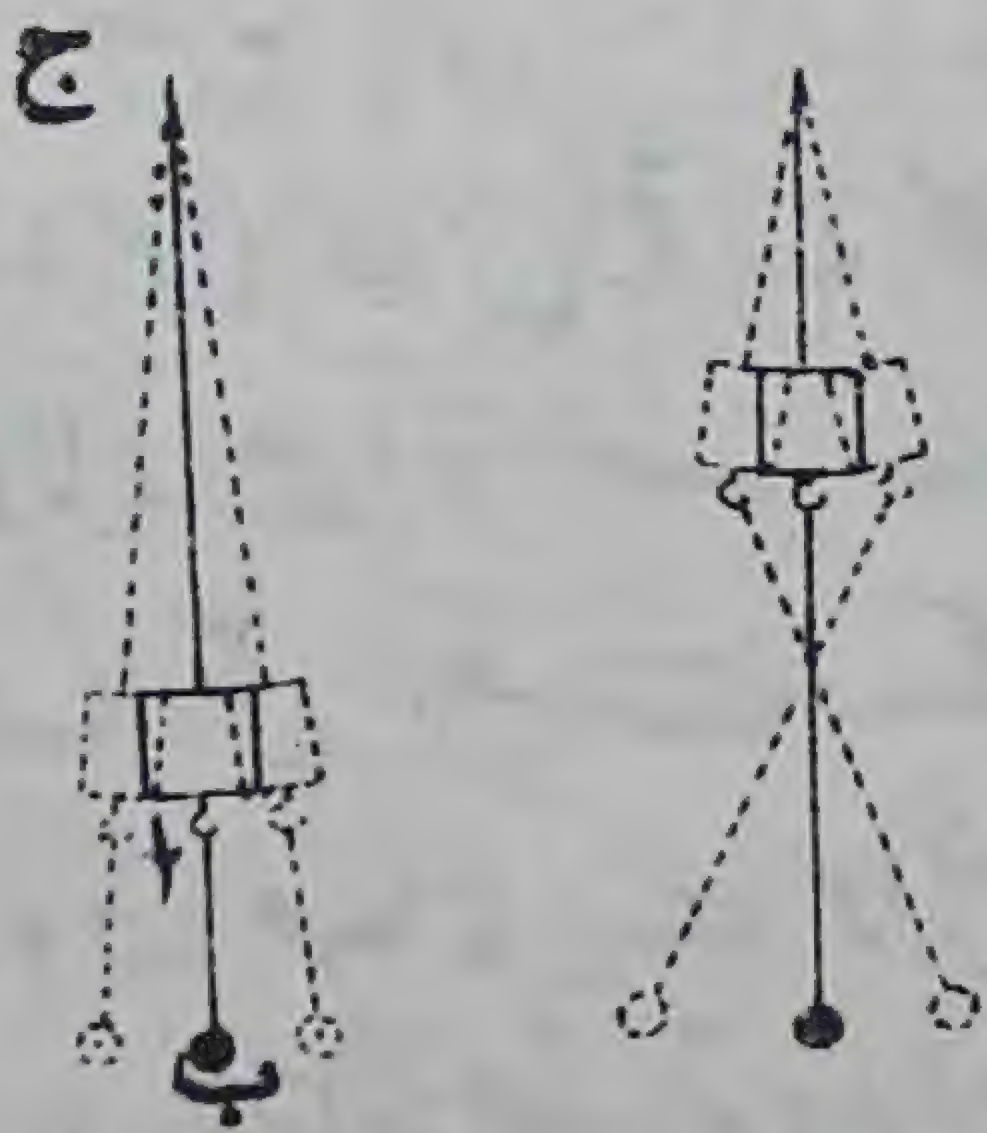
اس طریقۂ عمل کا نام اصطلاح میں گمک ہے۔
اور یہ کہا جاتا ہے کہ ایک جسم دوسرے کے ساتھ گمک
دیتا ہے۔ گمک جب ہی ممکن ہے کہ دونوں جسموں
کا تعدّد ارتعاش ایک ہو۔

گمک کی مثالیں بہت دی جاسکتی ہیں۔ اس موقعہ
پر ایک مثال دی جاتی ہے جو اکثر دیکھنے میں آتی ہے۔
سپاہیوں کا دستہ جب کسی تختہ کے پُل یا معلق پُل
پر سے گزرتا ہے تو اُن کو ہمیشہ حکم دیدیا جاتا ہے کہ
قدم ملا کر نہ چلیں۔ اِس لئے کہ اگر ان کے قدم کے تعدّد
اور پُل کے طبعی ارتعاش کے تعدّد میں مطابقت ہو تو
پُل خطرناک پیمانہ پر ارتعاش کرنے لگے گا جس سے اُسکے
ٹوٹ جانے کا اندیشہ ہے۔ ایک لڑکا جب کسی لمبے
معلّق تختہ پر کھڑا ہوکر مناسب اوقات میں مسلسل کودتا
ہے تو تختہ تھوڑی ہی دیر میں نہایت وسیع پیمانہ پر اہتزاز

کرنے لگتا ہے۔

قسری ارتعاش۔ گمک کی خاص صورت میں جو دَوری قوت کسی جسم پر عمل کرتی ہے اُس کا تعدّد جسم کے طبعی تعدّد کے مساوی ہوتا ہے اور ایسی حالت میں جسم کا ارتعاش یا اہتزاز بہت بڑے پیمانہ پر ہوتا ہے۔ لیکن جب کبھی دَوری (بنظر سہولت سادہ موسیقی) قوت کسی جسم پر عمل کرتی ہے تو وہ جسم علی العموم سادہ موسیقی حرکت کرنے لگتا ہے، چاہے اُس کے طبعی ارتعاش کا تعدّد کچھ ہی ہو۔ البتّہ حیطۂ ارتعاش اکثر نہایت چھوٹا ہوگا۔ ایسے ارتعاشوں کو قسری ارتعاش کہتے ہیں۔ مثلاً فرض کرو ا ب (شکل ۵۲ اَ) ایک چھوٹا رقّاص ہے جو ایک بڑے رقّاص ا ج کے نیچے لٹک رہا ہے۔ نقطہ ا کی حرکت رقاص ا ج کی وجہ سے سادہ موسیقی ہوگی۔ اور اُسکی وجہ سے رقاص ا ب کو اسی دَور کی سادہ موسیقی حرکت کرنا پڑے گا۔ لیکن ا ب کا

(اَ) (بَ)
شکل (۵۲)

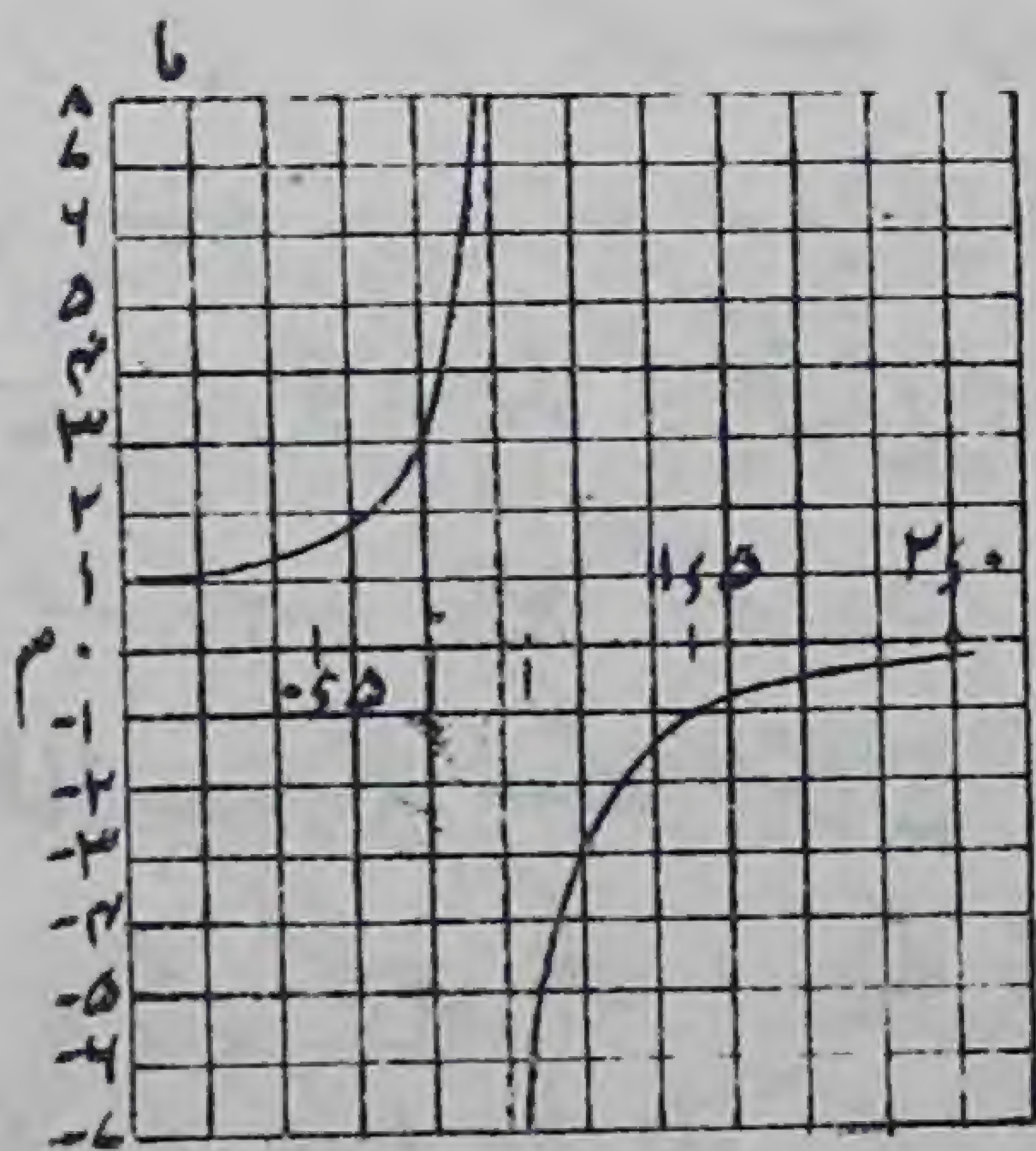
حیطۂ ارتعاش اُس کے اور ا ج کے طبعی دَوروں کے باہمی تناسب کے تابع رہیگا۔ رقاص ب کا اہتزاز رقّاص ا کی

وجہ سے قسری کہلائیگا۔ قسری ارتعاشوں کی تین صورتیں قابل غور ہیں :-

(۱)۔ عمل کرنیوالی قوّت کا تعدّد جب جسم کے طبعی تعدّد سے کم ہوتا ہے جسم کے ارتعاش (یا اہتزاز) کی ہئیت اور عامل قوّت کی ہئیت دونوں ایک ہوتی ہیں اور جسم کا حیطۂ ارتعاش عامل کے حیطہ سے کسیقدر بڑا ہوتا ہے۔ (شکل ۵۲ ۲)

(۲) جب عامل اور جسم کے تعدّد مساوی ہوتے ہیں تو گمک کی سی صورت ہو جاتی ہے اور قسری ارتعاش (یا اہتزاز) کا حیطہ بہت بڑا ہوتا ہے لیکن اُس کی قیمت کبھی بھی رگڑ یا فرک کی وجہ سے نا متنا ہی بڑی ہونے نہیں پاتی۔

(۳) عامل قوت کا تعدّد جسم کے طبعی تعدّد سے بڑا ہوتا ہے تو جسم کے ارتعاش (یا اہتزاز) کی ہئیت قوّت کی ہئیت کے مخالف ہوتی ہے جیسا کہ شکل ۵۲ (ب) سے واضح ہے۔

ان تمام صورتوں میں جب سادہ موسیقی حرکت شروع عمل کرتی ہے جسم کا طبعی ارتعاش (یا اہتزاز) بھی ایک حد تک نمایاں ہوتا ہے۔ لیکن تھوڑی دیر بعد وہ مفقود ہو جاتا ہے اور صرف قسری ارتعاش (یا اہتزاز) باقی رہتا ہے۔ قسری ارتعاش کا حیطہ عاملِ قوّت

اُس کے تعدّد اور جسم کے طبعی تعدّد کی رقموں میں شمار کرکے دریافت کرلیا جا سکتا ہے۔ شکل ۵۳ میں اُس کو ترسیماً بتایا گیا ہے۔ یہاں مقطوعہ م لا سے وہ نسبت مراد ہے جو عامل قوّت کے تعدّد کو جسم کے طبعی تعدّد کے ساتھ ہو اور معیّن م ما سے وہ نسبت متصوّر ہے جو قسری ارتعاش کے حیطہ کو عامل قوّت کے حیطہ کے ساتھ ہے۔ جب مقطوعہ کی قیمت ۱ ہوتی ہے تو معین ∞ ہو جاتا ہے۔ یہ گمک کی صورت ہے۔ جسم کا حیطۂ ارتعاش عملی طور پر ∞ اسلئے نہیں ہونے پاتا کہ فرک یا رگڑ بھی ساتھ ساتھ عمل کرتی ہے جس کی وجہ سے ارتعاش قصر ہو جاتا ہے۔ عامل قوّت کا تعدّد جب جسم کے طبعی تعدّد سے کم ہوتا ہے یعنے مقطوعہ کی قیمت ۱ سے کم ہوتی ہے تو قسری ارتعاش کا حیطہ بہت گھٹ جاتا ہے حتیٰ کے مقطوعہ کی قیمت جب بہت گھٹ جاتی ہے تو معیّن کی قیمت بھی گھٹ کر ۱ ہو جاتی ہے۔ یعنے

شکل ۵۳

عامل اور جسم دونوں کا حیطہ مساوی ہو جاتا ہے۔ جب مقطوعہ کی قیمت ۱ سے بڑی ہوتی ہے تو ایسی صورتوں میں بھی معیّن کی مقدار گھٹتی آتی ہے لیکن اُسکی علامت مقطوعہ کی علامت کی ضد ہوتی ہے (یعنے قسری ارتعاش کی ہئیت قوّت کی ہئیت کے مخالف ہوتی ہے) اور جب عامل قوّت کا تعدّد بہت بڑھجاتا ہے تو قسری ارتعاش کا حیطہ گھٹ کر صفر ہو جاتا ہے۔

(**نوٹ منجانب مترجم**۔ قسری ارتعاشوںکے متعلق ڈنکن اور سٹارلنگ نے محض ترسیمی طریقہ کے ذریعہ چند ضروری امور سمجھانے کی کوشش کی ہے۔ اِس کی وجہ یہ ہے کہ باضابطہ ریاضی کا عمل اُن طلباء کے لئے جو ڈفرنشیل ایکویشنز (تفرّقی مساوات) سے ناواقف ہوتے ہیں ایک حد تک بعید الفہم ہوتا ہے۔ اگر تفرّقی مساوات کا حل طالب علم کے امکان سے باہر ہے تو کچھ مضائقہ نہیں۔ ہم نتیجہ لکھ دیتے ہیں۔ طالب علم اُسپر تفرّقی عمل کرکے اپنا اطمینان کر لے سکتا ہے کہ جو نتیجہ لکھا گیا ہے صحیح ہے۔

سہولت کے لئے پہلے ایسی مثال لو جس میں رگڑ معدوم ہے۔ چونکہ قوّت سادہ موسیقی ہے اس لئے اس کو ق جم (بت و) سے تعبیر کیا جا سکتا ہے جہاں (ق) قوّت کی اعظم قیمت ہے جو جسم کی اِکائی کمیت پر عامل ہے ($\frac{\text{ب}}{2\pi}$) سے مراد قوت کا تعدّد (یعنے اُس کا

وقت دَوران $\frac{\text{۲}\pi}{\text{تَ}}$) ہے اور (و) سے مراد وقت ہے۔
چونکہ سادہ موسیقی حرکت میں اسراع کو نقل مکان سے راست نسبت ہوتی ہے اور اِن دونوں کی سمتیں مخالف ہوتی رہیں اسلئے جسم کے قسری ارتعاش کے لئے مندرجۂ ذیل مساوات لکھی جاسکتی ہے :-

$$\frac{\text{فر}^{\text{۲}}\text{لا}}{\text{فرو}^{\text{۲}}} = -(\text{تَ})^{\text{۲}}\,\text{لا} + \text{قٓ جم} \langle \text{تٓ و}$$

(تَ)$^{\text{۲}}$ ایک مستقل ہے جو جسم کی کمیّت وغیرہ کے تابع ہے۔

اِس مساوات کا پورا حل اِس طرح لکھا جا سکتا ہے طالب علم اس پر تفرّقی عمل کرکے اطمینان کرلے سکتے ہیں :-

$$\text{لا} = \text{۲ جم} \langle \text{تَ و} + \text{ب جب} \langle \text{تَ و} + \frac{\text{قٓ}}{\text{تَ}^{\text{۲}} - \text{تٓ}^{\text{۲}}}\,\text{جم} \langle \text{تٓ و}$$

۲ اور ب دو مستقل ہیں جن کی قیمتیں اگر ضرورت سمجھی جائے تو دریافت ہوسکتی ہیں۔

جملہ کی پہلی دو رقموں سے سادہ موسیقی حرکت کی تعبیر ہوتی ہے جس کا تعدّد $\frac{\text{تَ}}{\text{۲}\pi}$ جسم کا طبعی تعدّد ہے۔ تیسری رقم سے قسری ارتعاش کی تعبیر ہوتی ہے جو سادہ موسیقی ہے لیکن جس کا تعدّد عامل قوّت کا تعدّد یعنے $\frac{\text{تٓ}}{\text{۲}\pi}$ ہے۔ اس کا حیطۂ ارتعاش $\frac{\text{قٓ}}{\text{تَ}^{\text{۲}} - \text{تٓ}^{\text{۲}}}$ قوّت

اور جسم کے طبعی تعدّد کی قیمتوں کی تابع ہے۔ جب دونوں تعدّد مساوی ہوتے ہیں تو اُس کی قیمت نامتناہی بڑی ہو جاتی ہے۔ معہذا قسری ارتعاش کی ہئیت عامل قوت کی ہئیت کے موافق ہوتی ہے جبکہ تِ کی قیمت تً کی قیمت سے کم ہوتی ہے اور مخالف جبکہ تِ کی قیمت تً سے زیادہ ہوتی ہے۔ عملی طور پر قسری ارتعاش کا حیطہ نامتناہی اِس لئے نہیں ہونے پاتا کہ فرک یا رگڑ کو بھی دخل ہوتا ہے۔ اندرونی فرک یا رگڑ جسم کی رفتار کے تابع ہوتی ہے اِس لئے حرکت کی تفرقی مساوات میں ایک اور رقم بڑہانے کی ضرورت ہوتی ہے

یعنی $\frac{\text{فر}^{2}\text{لا}}{\text{فرو}^{2}} + \text{م}^{2}\frac{\text{فرلا}}{\text{فرو}} + \text{تً}^{2}\,\text{لا} = \text{ق جم}(\text{تِ و})$

زائد رقم جو فرک کی وجہ سے جملہ میں شریک کی گئی $\text{م}^{2}\frac{\text{فرلا}}{\text{فرو}}$ ہے۔

اس کا پورا حل یہ ہے:-

$$\text{لا} = \text{ع}^{-\frac{1}{2}\text{تً}^{2}\text{و}}\left(\text{ا}\,\text{ع}^{\frac{1}{2}\sqrt{(\text{م}^{4}-\text{تً}^{2})}\,\text{و}} + \text{ب}\,\text{ع}^{-\frac{1}{2}\sqrt{(\text{م}^{4}-4\,\text{تً}^{2})}\,\text{و}}\right) + \frac{\text{ق جم}(\text{تِ و} - \text{ی})}{\sqrt{\text{م}^{4}\text{تِ}^{2} + (\text{تً}^{2}-\text{تِ}^{2})^{2}}}$$

قوسین میں جو جملہ ہے اُس کا سر $(\text{ع}^{-\frac{1}{2}\text{تً}^{2}\text{و}})$،

جوں جوں وقت (و) بڑھتا جائیگا جلد جلد گھٹ کر تھوڑی دیر میں صفر کے قریب آجائیگا۔ یعنے طبعی ارتعاش تھوڑی دیر کے بعد موقوف ہو جائیگا اور صرف قسری ارتعاش باقی رہجائیگا۔ پس ہم یہ لکھ سکتے ہیں کہ بالآخر

$$\text{لا} = \frac{\text{ق جم} < (\text{ت و} - \text{ی})}{\sqrt{\text{م}^2\,\text{ت}^2 + (\bar{\text{ت}}^2 - \text{ت}^2)^2}}$$

جس سے ظاہر ہے کہ قسری ارتعاش کا تعدّد عامل قوّت کے تعدّد کے مساوی ہے لیکن اُس کی ہیئت عامل قوّت کی ہیئت سے بقدر (ی) پیچھے ہے۔ جملہ کو پھیلانے اور اُس کی رقموں پر غور کرنے سے یہ بھی ظاہر ہوتا ہے کہ

$$\text{مس} < \text{ی} = \frac{\text{ت م}^2}{\bar{\text{ت}}^2 - \text{ت}^2}$$

معہذا اگر تَ اور ت دونوں مساوی بھی ہوں تو لا کی قیمت ∞ نہیں ہونے پاتی اس لئے کہ رگڑ کے باعث لا کے لئے جو کسر ماخوذ ہوئی ہے اُس کا نسب نما صفر نہیں بنتا بلکہ م^2 ت بن جاتا ہے ٭

تفرّقی مساوات کی مدد بغیر بھی قسری ارتعاش کو جبری طریقہ سے سمجھا سکتے ہیں اگرچہ واضح ہے کہ یہ طریقۂ استدلال ضعیف ہے اور سقم سے پاک نہیں ٭

جسم کے تعدّد کو (تَ)، اس کی کمیّت کو (ک) اور قوت کے تعدّد کو (ت) اور اُس کی قیمت کو جو فی اکائی کمیّت

جسم عامل ہے (ق) مان کر اُس صورت میں جبکہ رگڑ مفقود ہو نقلِ مکان (لا) فرض کرکے قوتوں کی مساوات اِس طرح لکھی جا سکتی ہے:

$$-\text{ک}\,(2\pi\,\text{ت})^2\,\text{لا} = -\text{ک}\,(2\pi\,\text{تَ})^2\,\text{لا} + \text{ق}\,\text{ک}\,\text{جم}\,\angle(2\pi\,\text{ت})\,\text{و}$$

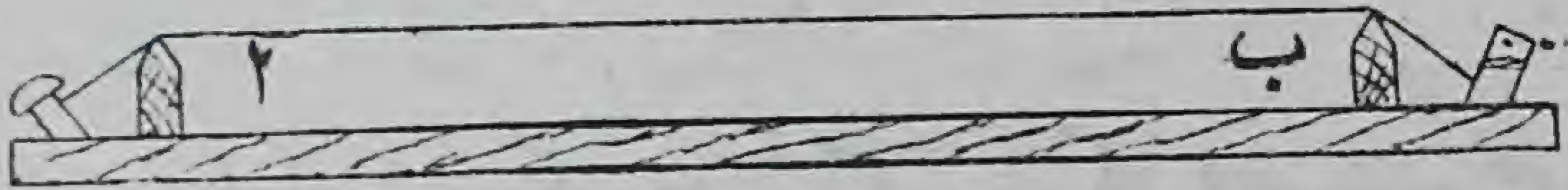
اِس لئے کہ جسم کے قسری ارتعاش کا تعدّد (ت) اور اُس کا طبعی تعدّد (تَ) ہے۔ اور جسم کے نقل مکان کو ۲π × تعدّد سے ضرب دے کر علامت بدلنے سے اسراع حاصل ہوتا ہے اور اسراع کو جسم کی کمیت سے ضرب دینے سے قوت حاصل ہوتی ہے۔

پس $-4\pi^2\,\text{ت}^2\,\text{لا} = -4\pi^2\,\text{تَ}^2\,\text{لا} + \text{ق}\,\text{جم}\,\angle(2\pi\,\text{ت})\,\text{و}$

$$\therefore\ \text{لا} = \frac{\text{ق}\,\text{جم}\,2\pi\,\text{ت}\,\text{و}}{4\pi^2(\text{تَ}^2 - \text{ت}^2)}$$

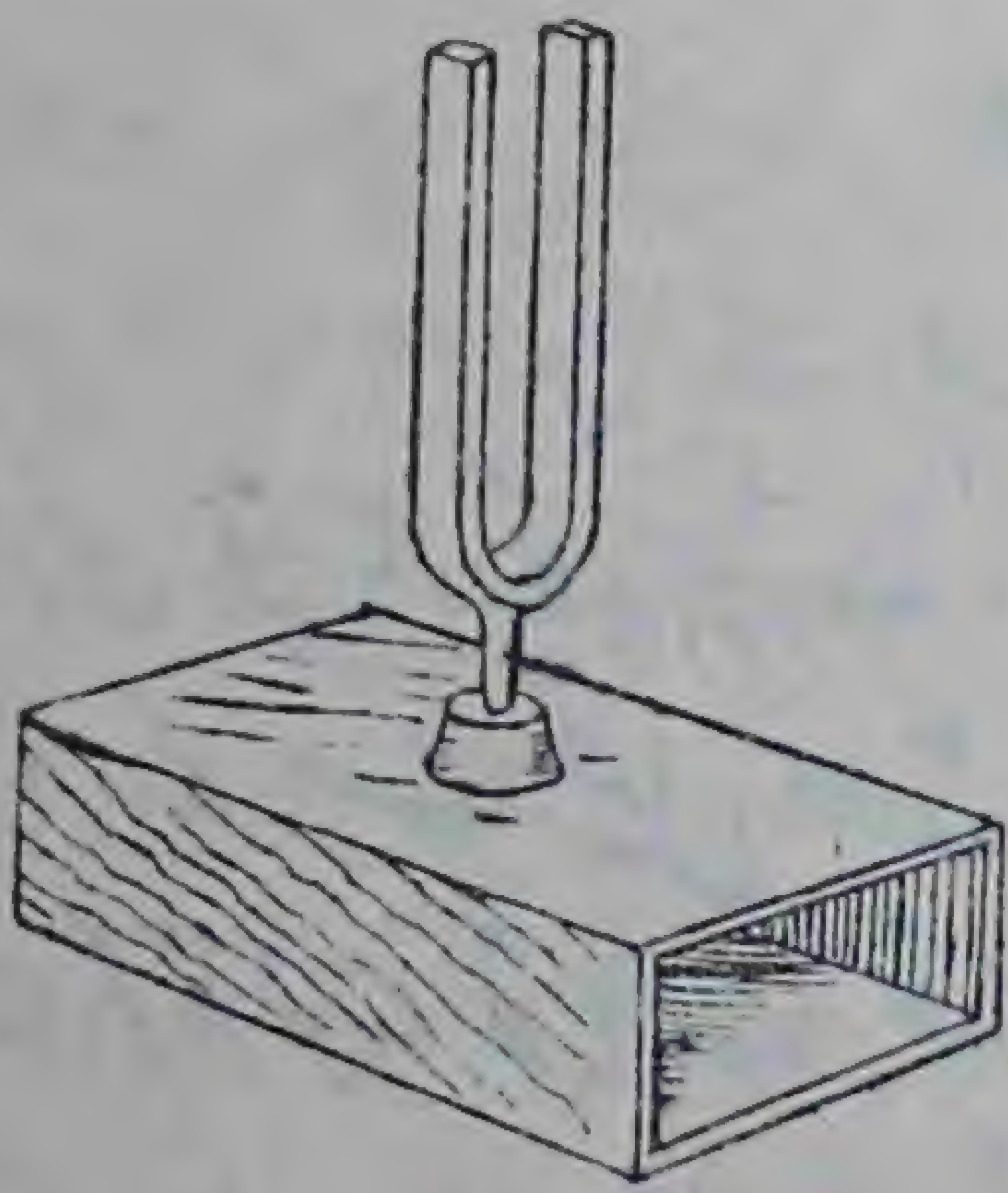
واضح ہے کہ اِس جملہ سے حرکت کے متعلق اسقدر حالات معلوم نہیں ہو سکتے جس قدر پیشتر کے جملوں سے معلوم ہوتے ہیں۔]

'بول تختہ' اگر کسی تار کو یا سُر پیدا کرنے کے دو شاخہ کو مرتعش کیا جائے تو جب تک ان کو کسی 'بول تختہ' پر چڑھایا نہ جائیگا اِن سے آواز بہت ضعیف برآمد ہوگی۔ مثلاً اگر تار کا ایک سرا شکنجہ میں جکڑ دیا جائے اور دوسرے سرے سے ایک بھاری وزن لٹکایا جائے تو تار کو بجانے سے بہت ہی

نحیف آواز سنائی دیگی۔ اگر کسی تار کو شکل (۱۴۵) کی طرح
ایک بول تختہ پر تان کر اُس کے نیچے دو گھوڑیاں ۲ اور ب

شکل (۱۴۵)
بول تختہ

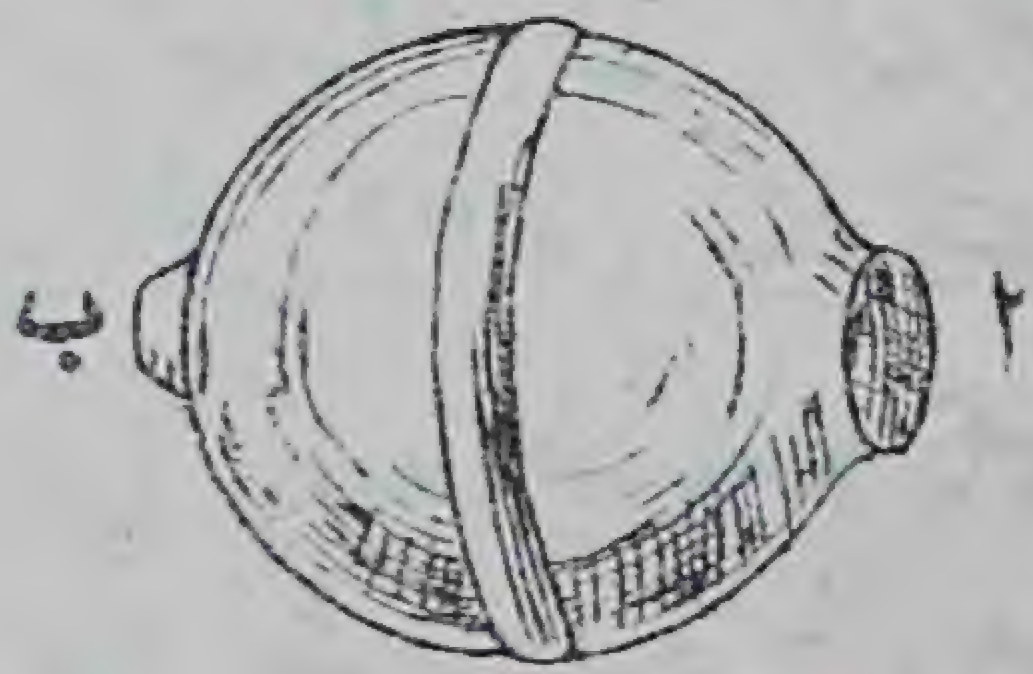
رکھی جائیں تو تار کو چھیڑنے سے کافی بلند آواز سنائی دیگی۔
تار کو ہوا کے بہت قلیل حصّہ سے تماس ہے اس لئے جب
وہ حرکت کرتا ہے تو بہت تھوڑی ہوا مرتعش ہوتی ہے اسکے
علاوہ چونکہ جس وقت تار کے ایک جانب اُس کی حرکت سے
ہوا میں تکثیف پیدا ہوتی ہے اُسی وقت تار کے دوسرے
جانب ہوا میں تلطیف پیدا ہوتی ہے۔ موجوں کا تداخل
ہوکر آواز اور بھی کمزور ہو جاتی ہے جیسا کہ صفحہ (۱۴۰) پر
بتایا گیا ہے۔ لیکن جب تار کو تختہ پر تانتے ہیں تو تار سے،
۲ اور ب گھوڑیوں پر، مدّتِ ارتعاش کے وقفہ سے بدلنے
والی قوت، عمل کرتی ہے اسی طرح ۲ اور ب کے عمل سے
بول تختہ ارتعاشی حرکت اختیار کرتا ہے۔ چونکہ تختہ کی سطح
وسیع ہوتی ہے اس لئے ہوا کے ایک وسیع حصّے میں
ارتعاش پیدا ہوتا ہے۔ جس کی وجہ سے ہوا میں فی ثانیہ

پیشتر سے بہت زیادہ توانائی منتقل ہوتی ہے۔ اس کا لازمی نتیجہ یہ ہوتا ہے کہ تار سے توانائی جلد جلد آواز کی موجوں کی شکل میں نکلکر تار کا ارتعاش تھوڑی ہی دیر میں موقوف ہو جاتا ہے۔

سُر پیدا کرنے کے دو شاخہ کی صورت بھی اسی کے مشابہ ہے۔ اگر اس کو مرتعش کرکے محض ہاتھ میں پکڑیں تو آواز کمزوری کی وجہ سے بمشکل سنائی دیتی ہے۔ لیکن جب اُس کا دستہ کسی میز یا اُس کے 'بول بکس' پر دباتے ہیں تو ان میں قسری ارتعاش پیدا ہوتا ہے جس سے ہوا کی بڑی مقدار حرکت کرنے لگتی ہے اور آواز زوردار ہو جاتی ہے۔

شکل (۵۵)

سُر پیدا کرنے کا دو شاخہ 'بول بکس' یا صندوقچے پر

گمگیئے۔ اسی لئے سُر پیدا کرنے کے دو شاخوں کو ایک بازو سے کھلے صندوقچوں پر چڑھاتے ہیں۔ اِن صندوقچوں کی شکل اور اُن کا قدوقامت ایسا ہوتا ہے کہ اُن کے اندر کی ہوا کے طبعی ارتعاش کا تعدّد دوشاخہ کے تعدّد کے مساوی ہوتا ہے۔ جب دو شاخہ ارتعاش کرتا ہے تو بکس کی لکڑی میں

قسری ارتعاش پیدا ہوتا ہے اور اُس سے بکس کے اندر کی ہوا
گمک دینے لگتی ہے۔ گمک کی وجہ سے آواز بہت زور
کی ہوگی بشرطیکہ بکس اور دو شاخہ کے سُر ٹھیک ملتے ہوں
شکل (۵۶۱) میں ہلم ہولٹس کا ایجاد کیا ہوا ایک گمکیا
بتایا گیا ہے۔ وہ تقریباً کروی
شکل کا پیتل کا ایک غلاف
ہوتا ہے جس کے ایک طرف
ایک کشادہ سوراخ ا ہوتا ہے
اور دوسرے طرف ایک چھوٹا
سوراخ ب۔ اس کے اندر
کی ہوا ایک خاص تعدّد کے
سُر کے ساتھ گمک دے سکتی

شکل (۵۶۱)
ہلم ہولٹس والا گمکیا

ہے۔ جب اِس تعدّد کی موجیں (آواز کی) اُس میں ا کے
پاس داخل ہوتی ہیں تو ب کے پاس کان لگانے سے گمک
پیدا ہوکر بڑی آواز سنائی دیگی۔ اگر آواز ایک خالص تعدّد
کی موج سے نہیں بلکہ مختلف تعدّدوں کی کئی موجوں سے
پیدا ہوتی ہے تو بھی اس وضع کا گمکیا اُس خاص سُر کو
"چن لیگا" جس کا تعدّد خود اُس کے تعدّد کے برابر ہے
اور "بول اُٹھیگا"۔ اس قسم کے گمکیے اکثر ایک سلسلہ کی
صورت میں بنائے جاتے ہیں جن کے سُر آپس میں ۱، ۲، ۳
وغیرہ کی نسبت رکھتے ہیں۔ اور ان کی مدد سے معلوم کرلیا جاتا

ہے کہ کسی مقررہ آواز (یا سُر) میں کس کس امتداد کی سرتیاں شامل ہیں جبکہ محض کان سے انکی پہچان بوجہ کمزوری آواز و دیگر اسباب مشکل ہوتی ہے۔

جب بڑا بحری سنکہ کان سے لگاتے ہیں تو ایک مبہم سا شور سنائی دیتا ہے جس کو لوگ نا فہمی سے سمندر کا شور سمجھتے ہیں۔ اِس آواز کی اصل وجہ یہ ہے کہ سنکہ بھی گمکیے ہیں لیکن شکل (۵۶) کے سے سادہ نہیں۔ ہوا میں بعض سُر کی آوازیں ایک حد تک ہمیشہ موجود ہوتی ہیں۔ سنکہ اُن کو چُن لیکر تقویت دیتے ہیں۔ اِن مخلوط آوازوں سے سمندر کے شور کا شبہ ہوتا ہے۔

زاید مضمون منجانب مترجم

صفحہ (۱۴۹) پر آواز کی ضربوں کے متعلق جو بیان لکھا گیا ہے ناکافی ہے۔ مندرجہ ذیل طریقہ زیادہ موثر ہے۔ اس سے ضربوں کی پیدائش اور اُن کے خواص وغیرہ کے متعلق بحث زیادہ مفید اور دلچسپ ہوتی ہے۔

ابتداءً فرض کرو ایک ارتعاش کا حیطہ (ا) ہے اور دوسرے کا (ب)۔ پہلے کا تعدّد $\left(\frac{ع+غ}{\pi ٢}\right)$ ہے اور دوسرے کا $\left(\frac{ع-غ}{\pi ٢}\right)$ اور ع کے مقابلہ میں غ بہت چھوٹا عدد ہے گویا تعدّدوں کا تفاوت $\frac{٢غ}{\pi ٢}$ ہے۔ پس اِن ارتعاشوں کی مساواتیں یہ ہونگی:-

$ہا_١$ = ا جب (ع+غ) و اور $ہا_٢$ = ب جب (ع-غ) و ...(۱)

جس میں و سے مراد وقت ہے۔ ان کے متفقہ اثر سے جو حرکت پیدا ہوگی اُس کی مساوات اِس طرح لکھی جائیگی۔

ما = ما۱ + ما۲ = ا جب ‹(ع + غ) و + ب جب ‹(ع - غ) و

اِس کو پھیلانے سے

ما = ا جب ‹ع و جم ‹غ و + ا جم ‹ع و جب ‹غ و + ب جب ‹ع و جم ‹غ و - ب جم ‹ع و جب ‹غ و

= (ا + ب) جب ‹ع و جم ‹غ و + (ا - ب) جم ‹ع و جب ‹غ و

فرض کرو ما = ج جب ‹(ع و + فہ) ———— (۲)

اِس کو پھیلانے سے ما = ج جب ‹ع و جم ‹فہ + ج جم ‹ع و جب ‹فہ

یہ مفروضہ صحیح ہونے کے لئے ضرور ہے کہ

ج جم ‹فہ = (ا + ب) جم ‹غ و ———— (۳)

اور ج جب ‹فہ = (ا - ب) جب ‹غ و ———— (۴)

(۳) اور (۴) کے مربعوں کو جمع کرنے سے

ج^2 = ا^2 + ب^2 + ۲ اب جم ‹۲غ و ———— (۵)

اور (۳) کو (۴) پر تقسیم کرنے سے

مس ‹فہ = $\frac{\text{ا - ب}}{\text{ا + ب}}$ مس ‹غ و ———— (۶)

پس دونوں ابتدائی ارتعاشون کے عمل سے جو حرکت پیدا ہوتی ہے اس کے لئے یہ مساوات تجویز ہوتی ہے۔

ما = ج جب ‹(ع و + فہ)

جسمیں ج کی توضیح مساوات (۵) سے ہوتی ہے اور ‹فہ کی توضیح مساوات (۶) سے چونکہ ج سے حاصل ارتعاش کا حیطہ مراد ہے اُس کے لئے جو مساوات (۵) لکھی گئی ہے اُس کے معائنہ سے ظاہر ہے کہ

جس وقت جم ‹ ٢غ د کی قیمت صفر ہوتی ہے یعنے ٢غ د = صفر یا ٢π وغیرہ تو ج کی قیمت ± (٢ + ب) ہوجاتی ہے اور جسوقت جم ‹ ٢غ د کی قیمت -١ ہوئی ہے یعنے π یا ٣π وغیرہ تو ج کی قیمت ± (٢ - ب) ہوجاتی ہے۔ یعنے ٢π/٢غ کے وقفہ سے ج کی قیمت دوہرائی جاتی ہے۔ اعظم حیطہ (٢ + ب) ہے اور اقل (١ - ب)۔ چونکہ حیطہ ارتعاش کی دَوری تغییر کی مدّت (یا وقتِ دوران) ٢π/٢غ ہے اس لئے اُس کے تغییر کا تعدّد ٢غ/٢π ہے۔ واضح ہو کہ ٢غ/٢π ابتدائی ارتعاشوں کے تعدّدوں کا تفاوت ہے۔ یعنے جب دو قریب قریب مساوی تعدّد کے ارتعاش ایک واسطہ میں سے (ایک ہی سمت میں) گزرتے ہیں تو ان کے مجموعی اثر سے واسطہ کے ذرّوں کا حیطۂ ارتعاش باقاعدہ طور پر بڑھتا گھٹتا ہے اور اِس تغیّر کا تعدّد ارتعاشوں کے تعدّدوں کے تفاوت کے مساوی ہے۔ جب دونوں ارتعاشوں کا حیطہ مساوی (٢) ہوتا ہے تو ٢ + ب = ٢٢ اور ١ - ب = صفر اور

ہا = ٢٢ جم ‹ غ وجب ‹ ع د]

پانچویں باب کی مشقیں

(١) آواز کی 'ضربوں' کا مفہوم کیا ہے سمجھاؤ اور ایک تجربہ بیان کرو جس سے اِن 'ضربوں' کی توضیح ہو۔

(۲)۔ سُر پیدا کرنے کے ایک دو شاخہ کو مرتعش کر کے دستہ کے محور پر اگر اُس کو گھمایا جائے تو بتاؤ جو آواز نکلتی ہے اُس میں، دو شاخہ کے ایک کامل چکر میں، کیا تغیّرات محسوس ہوتے ہیں اور اُن کی وجہ کیا ہے؟

(۳)۔ 'تداخل' کا کیا مفہوم ہے بیان کرو۔ تالاب کی سطح پر ایک ہی وقت دَوران کے دو 'خللوں' سے کس وضع کی شکلیں بنتی ہیں؟

(۴)۔ ضربوں کے ذریعہ، سُر پیدا کرنے کے دو شاخوں کے امتدادوں کا تفاوت کس طرح دریافت کیا جاسکتا ہے کیونکر معلوم ہوسکتا ہے کہ اِن دونوں میں سے کس دو شاخہ کا امتداد بڑا ہے؟

(۵)۔ گمک کا کیا مفہوم ہے؟ ایک تنے ہوئے تار کا سُر کسی سُر کے دو شاخہ کے ساتھ، گمک کے ذریعہ، کیونکر ملایا جاسکتا ہے؟

(۶)۔ سُر پیدا کرنے کے دو دو شاخے جن کے تعدّدوں میں فی ثانیہ چار کا فرق ہے ایک دوسرے کے قریب ایک ہی وقت مرتعش کئے جاتے ہیں۔ اُن سے کیسی آواز نکلتی ہے اور اس کی کیا وجہ ہے بیان کرو۔ (ل۔ ی۔)

(۷)۔ ضربوں سے کیا مراد ہے اور اُن کی پیدائش کیونکر ہوتی ہے؟ عرضی ارتعاش کی حالت میں دو

تاروں سے بالترتیب ۳۰۰ اور ۳۰۲ تعدد فی ثانیہ کے اساسی سُر نکلتے ہیں۔ بتاؤ (۱) اِن اساسی سُروں سے (۲) اُن کے پہلے اوورٹونوں سے، فی ثانیہ کتنی ضربیں پیدا ہوتی ہیں۔ (ل۔ی۔)

(۸)۔ اگر کسی مرتعش، سُر کے دو شاخہ کا دستہ لکڑی کے ایک تختہ سے لگاکر پکڑا جائے تو آواز بہت بلند ہوجاتی ہے اس کی کیا وجہ ہے سمجھاؤ۔ کیا ایسی حالت میں دوشاخہ اتنی ہی دیر تک ارتعاش کرے گا جتنی دیر وہ پہلے، یعنے تختہ سے علیحدہ رہ کر ارتعاش کرتا؟ اگر نہیں تو کیوں۔ (ل۔ی۔)

(۹)۔ فشار پیمائی شعلہ کیا ہوتا ہے اور اُس کو ہوا کی موجوں کی پہچان کے لئے کس طرح استعمال کرتے ہیں بیان کرو۔

(۱۰)۔ آواز کی موجیں ایک سُر کے دوشاخہ ا سے نکلکر ایک مقام ب پر ا ج ب اور ا د ب دو علیحدہ علیحدہ راستوں سے پہنچتی ہیں۔ جب ا د ب کا طول ا ج ب کے طول سے بقدر ۱۶ سم بڑا ہوتا ہے تو ب کے پاس کوئی آواز نہیں سنائی دیتی ہے۔ جب تفاوت ۳۲ سم ہوتا ہے تو ب کے پاس آواز محسوس ہوتی ہے

لیکن جب تفاوت ۴۸ سم ہوتا ہے تو پھر خاموشی پائی جاتی ہے۔ غرض اِن تفاوتوں کے لحاظ سے ب کے پاس بالترتیب آواز اور خاموشی محسوس ہوتی ہے۔ اِس کی وجہ کیا ہے سمجھاو۔ دو شاخہ کا تعدّد کیا ہوگا شمار کرو اگر آواز کی رفتار ۳۳۲ میٹر فی ثانیہ مانی جائے۔

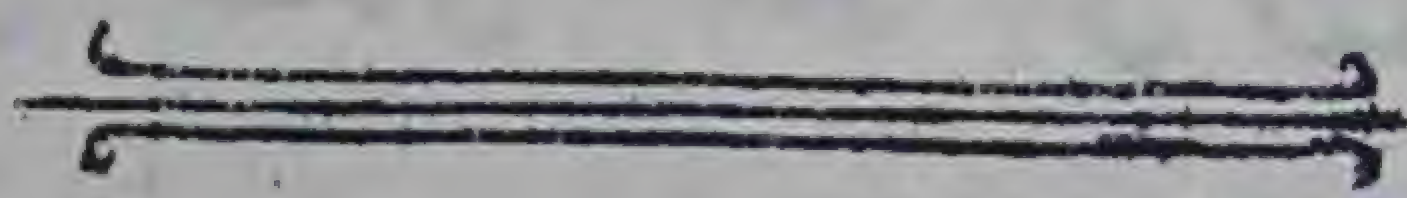
(۱۱)۔ اگر ۵۱۲ اور ۷۶۸ تعدّد کے دو سُر ایک ساتھ ' بجائے جائیں ' تو کون کون اجتماعی سرتیاں سنائی دے سکتی ہیں مختصر بیان کرو۔

(۱۲)۔ 'قسری ارتعاش' سے کیا مفہوم ہے؟ قسری ارتعاش کے حیطہ اور مرتعش جسم کے (طبعی) تعدّد میں کیا تعلق ہے بیان کرو۔

(۱۳) 'ضربوں' کی پیدائش کیونکر ہوتی ہے سمجھاؤ۔

سُر کے دو دو شاخے جب ایک ساتھ ارتعاش کرتے ہیں تو ۴ ضربیں پیدا ہوتی ہیں اِن میں سے ایک دو شاخہ کا تعدد ۲۵۶ ہے جب دوسرے دو شاخہ پر تھوڑا سا موم لگایا جاتا ہے تو ضربیں موقوف ہوجاتی ہیں۔ بتاو اِس دوسرے دو شاخہ کا تعدّد کیا ہے۔ (ل۔ی۔)

(۱۴۱)۔ 'ضربوں' کا باعث کیا ہے ؟

ایک سُر کا دو شاخہ ا پہلے ۵۱۲ تعدد کے ایک دوسرے دو شاخے ب کے ساتھ ہم سُر تھا۔ اب اُس کی شاخوں کے سِرے سوہن سے ذرا ذرا ریت دیئے جاتے ہیں۔ پھر جب اس کو ب کے ساتھ مرتعش کرتے ہیں تو فی ثانیہ ۵ ضربیں پیدا ہوتی ہیں۔ بتاؤ اب ا کا سُر کیا ہے۔ (کلیۂ الہ آباد)

چھٹا باب

اباعد اور پیمانے

موسیقی اباعد۔ اگر ایک سُر کا تعدّد دوسرے سُر کا دوچند ہو تو موسیقی رموز سے واقف شخص پہچان لیتا ہے کہ پہلا سُر دوسرے سے ایک سرگم اونچا ہے۔ سُروں کے متعلق تعدّد کچھ بھی ہوں ان میں صرف باہمی نسبت ۲ اور ۱ کی ہونی چاہیئے۔ مثلاً ۴۰۰ تعدّد کا سُر ۲۰۰ تعدّد کے سُر کا سرگم ہوتا ہے اور ۶۰۰ تعدّد کا سُر ۳۰۰ تعدّد کے سُر کا سرگم۔ سرگم کے علاوہ اور بھی چند موسیقی اباعد ہیں جو آسانی سے تمیز ہو سکتے ہیں ان سب پر یہ عام قاعدہ حادی ہوتا ہے:۔ دو موسیقی سُروں کے بُعد کی تعیین اُن کے تعدّدوںکی نسبت سے ہوتی ہے چنانچہ جب تعدّدوں کی نسبت $\frac{۳}{۲}$ ہوتی ہے تو

بُعد پنجم (ففتھ) کہلاتا ہے۔ جب نسبت $\frac{۴}{۳}$ ہوتی ہے تو چہارم (فورتھ)۔ عام طور پر مندرجہ ذیل اباعد مستعمل ہیں:۔

یونیزن	۱:۱	فورتھ (چہارم)	۳:۴
* سیمی ٹون (نیم سُرتی)	۱۵:۱۶	ففتھ (پنجم)	۲:۳
مائینر ٹون (صغیر سرتی)	۹:۱۰	مائینر سِکستھ (ششم صغیر)	۵:۸
میجر ٹون (کبیر سُرتی)	۸:۹	میجر سکستھ (ششم کبیر)	۳:۵
مائینر تھرڈ (سوم صغیر)	۵:۶	سیونتھ (ہفتم)	۸:۱۵
میجر تھرڈ (سوم کبیر)	۴:۵	اوکٹیو (سرگم)	۲:۷

* بعض لوگ $\frac{۲۵}{۲۴}$ کی نسبت کو سیمی ٹون کہتے ہیں اور $\frac{۱۶}{۱۵}$ کو لِمّا۔ (مترجم)

دو اباعد کو جمع کرنے کا مفہوم ان کی تعدّدوں کی نسبتوں کو آپس میں ضرب دینا ہے۔

مثلاً مائنر تھرڈ + میجر تھرڈ = $\frac{۶}{۵} \times \frac{۵}{۴} = \frac{۳}{۲}$ یعنی ففتھ (پنجم)

ففتھ + فورتھ = $\frac{۳}{۲} \times \frac{۴}{۳} = \frac{۲}{۱}$ یعنی اوکٹیو (سرگم)

ڈائیا ٹونک سبتک۔ جدید فن موسیقی میں عموماً ڈائیا ٹونک سبتک ہی مستعمل ہے۔ متذکرہ بالا اباعد کے نام اِس سبتک میں سُروں کے مقاموں کے لحاظ سے رکھے گئے ہیں 'اوکٹیو' کے نام سے ظاہر ہے کہ جو بُعد اُس سے مفہوم ہے آٹھواں ہے یعنے ڈائیا ٹونک سبتک پر اُس سُر کا مقام آٹھواں ہے۔ اِس سبتک پر

سرگم کے دوسرے اور سروں کے مقاموں کی ترتیب اور انکے تعددوں کی سلسلہ وار نسبتیں ذیل میں درج ہیں :۔

c(س)		d(ر)		e(گ)		f(م)		g(پ)		a(دھ)		b(ن)		c'(سَ)
	۹/۸		۱۰/۹		۱۶/۵		۹/۸		۱۰/۹		۹/۸		۱۶/۱۵	

اس کے معائنہ سے ظاہر ہوگا کہ س سے ر کا بُعد (یعنے (ر-س) ایک میجر ٹون (کبیر سُرتی) ہے۔ بعُد (گ-ر) ایک مائنر ٹون (صغیر سرتی) ہے۔ بعُد گ-س ایک میجر تھرڈ ہے۔ بعد پ-س ایک ففتھ (پنجم) ہے وغیرہ۔ نیچے والے سُر (س) کا امتداد جو کچھ بھی ہو پورے سرگم کے لئے سُروں میں مندرجۂ بالا اباعد کا ہونا ضرور ہے۔ اِس سے اوپر اور اِس سے نیچے کے جو سرگم ہونگے ان میں بھی اتنے ہی سُر ہونگے اور ان سُروں کے درمیان انہی اباعد کا تواتر ہوگا۔ سب سے چھوٹے صحیح اعداد جن میں بالترتیب ٹھیک سرگم کے اباعد کی نسبتیں ہوتی ہیں حسب ذیل ہیں :۔

س	ر	گ	م	پ	دھ	ن	سَ
۲۴	۲۷	۳۰	۳۲	۳۶	۴۰	۴۵	۴۸

کتابت کا طریقہ یہ ہے کہ اس سے اونچے سرگموں کے لئے c'' (سً) ، c''' (سً) وغیرہ لکھے جاتے ہیں۔ اور نیچے سرگموں کے لئے c, (سٖ) ، c,, (سٖ) وغیرہ۔ شکل ۵۷ میں سُروں کے مقام معمولی موسیقی نشانون (کلیف) کے ذریعہ

بتائے گئے ہیں۔

امتداد کے سٹینڈرڈ۔ علمی اغراض سے ″c (سؔ) کے لئے امتداد کا جو سٹینڈرڈ یا معیار قرار پایا ہے اُس کا تعدّد ۵۱۲ ہے اور ′c (سؔ) کے امتداد کے لئے ۲۵۶ تعدّد۔ ان سے سہولت مدّ نظر ہے کیونکہ اس قرارداد پر اکثر سُروں کے تعدّد صحیح عدد ہوتے ہیں۔

شکل (۵۷)

موسیقی کلیف (نشان)

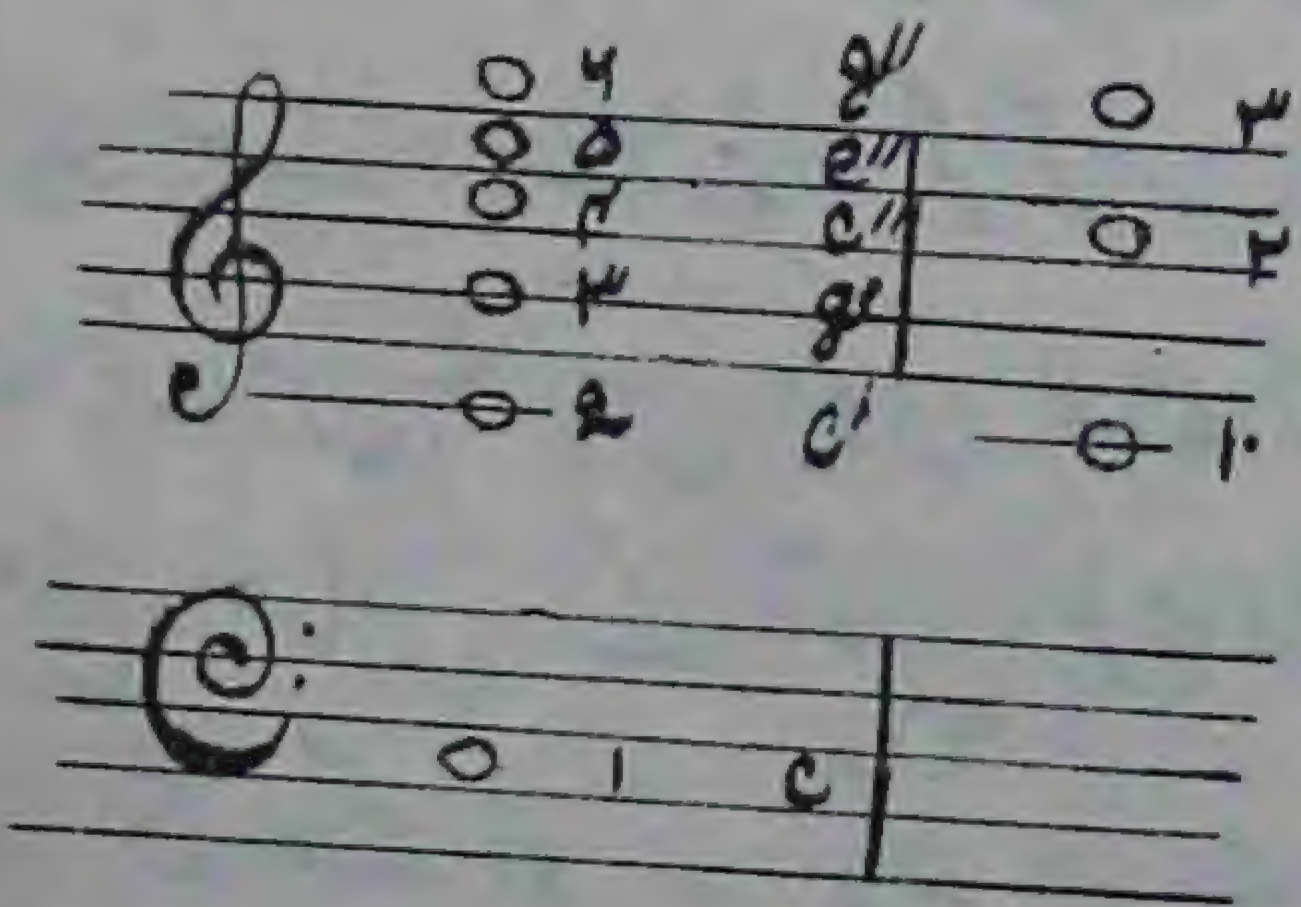
بعض اوقات سُر پیدا کرنے کے سٹینڈرڈ دوشاخوں کا تعدّد ۵۰، ۱۰۰ یا ۲۰۰ ہوتا ہے۔

موسیقی اغراض کے لئے فلہارمونک سوسائٹی نے (ـــــ) کے سُر کا تعدّد ۶۸° ف تپش پر ۴۳۹ مقرر کر لیا ہے تپش کی صراحت اِس لئے ضروری ہے کہ اکثر موسیقی آلات کے سُر جب ایک تپش پر صحت کے ساتھ ملائے جاتے ہیں تو تپش کے بدلجانے سے اُن کے سُروں کے امتداد میں تبدیلی پیدا ہوتی ہے۔ ۶۸ درجہ فارنہائیٹ یورپ میں موسیقی مجلسوں کے کمروں کی اوسط تپش ہوتی ہے۔ اِس سٹینڈرڈ کو ”پست امتداد“ سے مخاطب کرتے ہیں۔ سنہ ۱۸۹۶ء سے پہلے

(دھَ) کے سُر کا تعدّد ۶۰° ف پر ۴۵۲٫۴ تھا جو "بلند امتداد" کے نام سے منسوب ہے۔ (دھَ) کا تعدّد اگر ۴۳۹ مانا جائے تو (سَ) کا تعدّد ۵۲۶٫۸ برآمد ہوتا ہے۔ پس علمی اغراض کے لئے جو موسیقی پیمانہ مجوّزہ ہوا ہے اُس سے فلہارمونک سوسائٹی کا تجویز کردہ پیمانہ کسیقدر اونچا ہے۔

کونکورڈ اور ڈِسکورڈ (ہمواری اور ناہمواری)۔ بعض موسیقی اباعد کے ساتھ چند خاص خاص موسیقی احساس مخصوص ہوتے ہیں۔ اسی خصوصیت کی بدولت اِن اباعد کا امتیاز ہوتا ہے۔ مثلاً ایک اوکٹیو یعنے سرگم کا بُعد ایک ففتھ یعنے پنجم کے بُعد سے یا ایک تھرڈ یعنے سوم کے بُعد سے بآسانی تمیز ہوسکتا ہے۔ اِن تمام اباعد میں اوکٹیو کی آواز سب سے زیادہ ہموار ہوتی ہے۔ (یعنے جب دو سُر جن کے تعدّدوں میں ایک سرگم کا بُعد ہوتا ہے، ملکر نکلتے ہیں تو اُنکی آواز بہت ہموار اور پسند خاطر محسوس ہوتی ہے)۔ اور شاید سب سے بڑھ کر کرخت آواز سیمی ٹون (نیم شرتی) کے بُعد میں محسوس ہوتی ہے۔ مختلف اباعد کے مختلف موسیقی احساس کے متعلق ہلم ہولٹس کی یہ رائے ہے کہ جب کسی بُعد کے دو سُر برآمد ہوتے ہیں تو ان سُروں اور اُن کے اووَر ٹونوں کے تداخل سے ضربیں پیدا ہوتی ہیں۔ آگے چلکر ہم بتائینگے کہ اکثر موسیقی آلوں سے (خواہ وہ تار کے ہوں یا ہَوا کے) جب کبھی آواز نکلتی ہے تو اساسی (یا بنیادی) سُر

کے علاوہ دوسری اور سُرتیاں، جو اوورٹون کہلاتی ہیں اور جن کے تعدّدوں کو اساسی سُر کے تعدّد سے ۲، ۳، ۴ وغیرہ کی، باقاعدہ، ترتیب وار نسبت ہوتی ہے، پیدا ہوتی ہیں جب ضربوں کی تعداد کم ہوتی ہے تو آواز کرخت یا ناپسند نہیں معلوم ہوتی۔ لیکن جب اُن کی تعداد بڑھ جاتی ہے تو آواز کرخت اور ناپسند محسوس ہوتی ہے۔ اِسی کا نام ڈِسکورڈ (ناہمواری) ہے۔ اعظم ناہمواری کے لئے، ضربوں کی تعداد فی ثانیہ، سُروں کے تعدّد پر منحصر ہوگی (اِس لئے کہ اُس کے واسطے ایک خاص بُعد چاہیئے)۔ ۵۱۲ تعدّد کے سُر کے ساتھ ۳۲ ضربیں فی ثانیہ دینے والا سُر یعنی (۵۱۲ + ۳۲) یا ۵۴۴ تعدّد کا سُر اگر مِلکر بجے تو اعظم ناہمواری محسوس ہوتی ہے۔ اِن تعدّدوں میں $\frac{17}{16}$ کا بُعد ہے جو ایک نیم سُرتی یعنے $\frac{16}{15}$ کے بُعد سے ذرا سا کم ہے۔

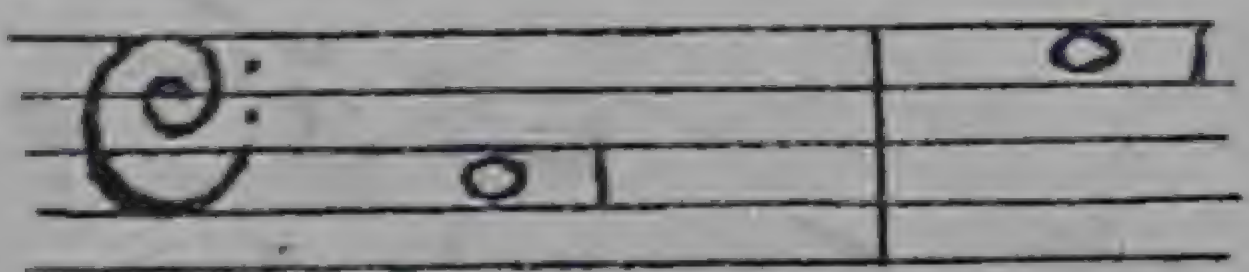
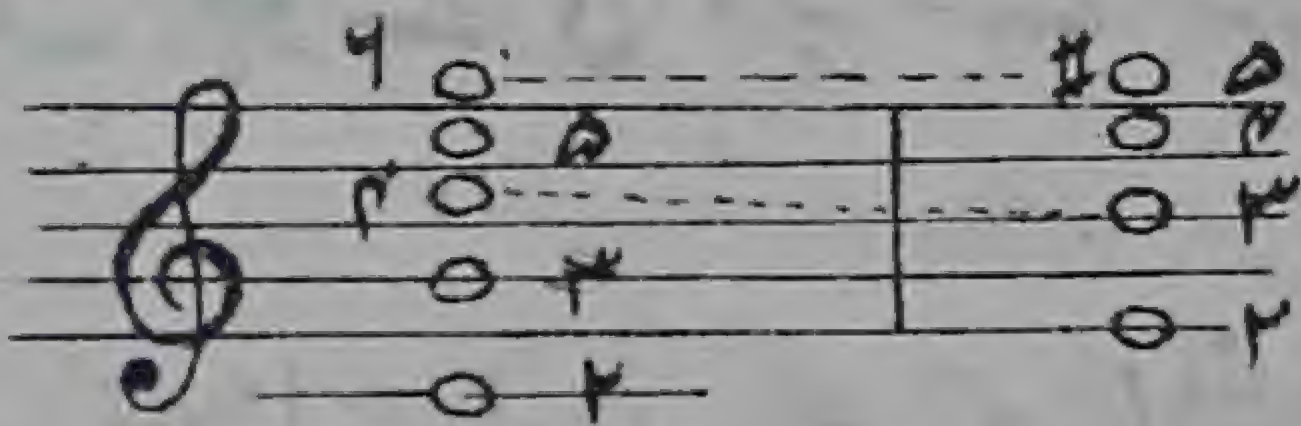
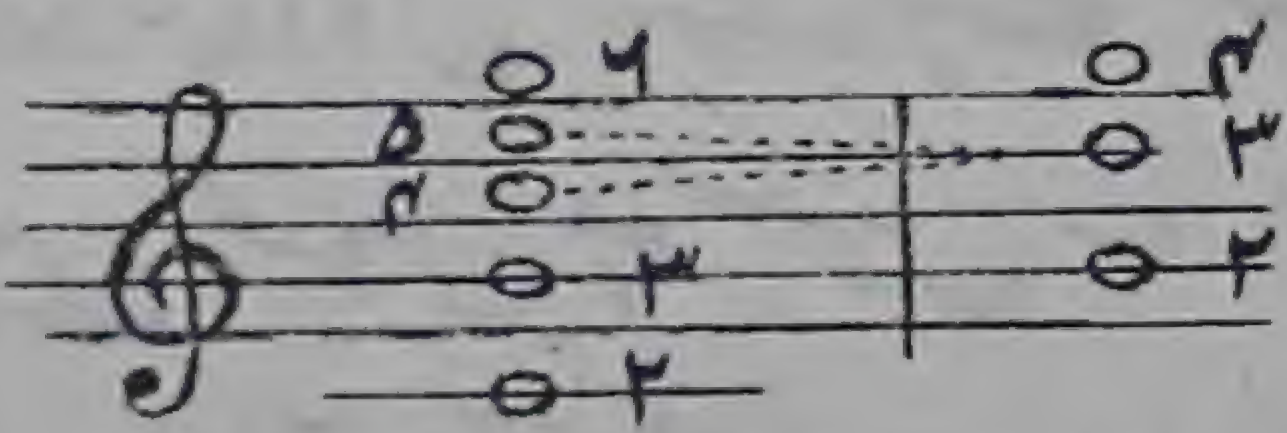
مختلف ابعاد کی ہمواری میں اختلاف محسوس ہونے کی وجہ اب معلوم ہو جائیگی۔ سرگم کی صورت میں نیچے امتداد والے سُر (س) کی پہلی پانچ اوورٹونیں (مضاعف سُرتیاں) حسب ذیل

شکل ۵۸

(سرگم کے ساتھ کی اوورٹونیں (مضاعف سُرتیاں))

ہیں:-

سَ ، پَ ، سً ، گً ، پً

(دیکھو شکل ۵۸) اور اوپر والے سُر (سَ) کی مضاعف سُرتیاں سً ، پً ، سٌ۔ یہ سب کی سب نیچے والے سُر کی بعض مضاعف سُرتیوں سے منطبق ہوتی ہیں اِس لیئے ضربوں کا موقع نہیں آتا۔ اگر سرگم کا سُر پوری صحت کیساتھ نہ مِلا ہو تو واضح ہے کہ اوپر والے سُر کی تمام مضاعف سُرتیاں اور نیچے والے سُر کی بعض مضاعف سرتیوں میں تداخل ہوکر ضربیں پیدا ہونگی جن کی وجہ سے راگ کی آواز بہت کرخت اور ناپسند محسوس ہوگی۔ اِس لئے فوراً پہچان لیا جائیگا کہ سرگم کا سُر برابر نہیں مِلا ہے۔ لہذا سرگم کا سُر مِلانا آسان ہے۔

(شکل ۶۰)
فقتہ (بُعد پنجم) کے ساتھ کی مضاعف سرتیاں

شکل (۵۹)
میجر تہرڈ (کبیر سوم بُعد) کے ساتھ کی مضاعف سرتیاں

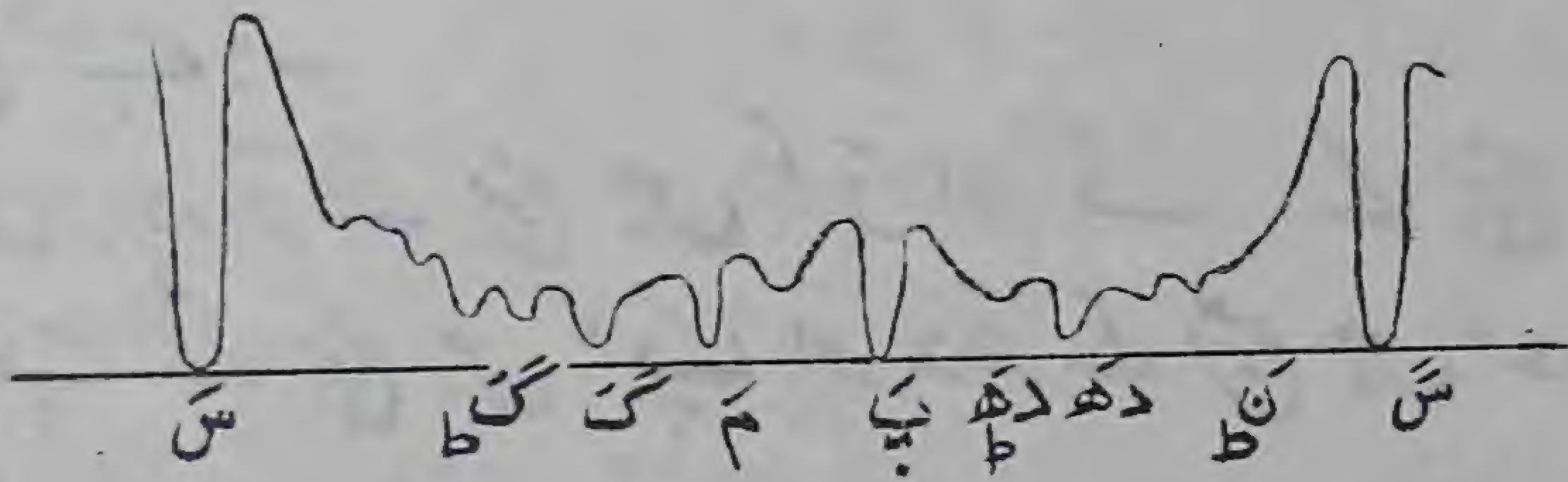
جب سُروں میں بُعد پنجم ہوتا ہے تو شکل ۵۹ کے ملاحظہ

سے واضح ہوگا کہ نیچے امتداد والے سُر کی مضاعف سُرتی ۳ اور اوپر والے سُر کی مضاعف سرتی ۲ دونوں ایک ہی ہیں۔ لیکن اوپر والے سُر کی مضاعف سرتی ۳ نیچے والے سُر کی مضاعف سرتی ۴ اور سُرتی ۵ کے ساتھ ضرب کہاسکتی ہے پس اس بعُد میں آواز کی ہمواری مکمل نہیں ہوتی لیکن ساتھ ہی ناہمواری بھی کچھ زیادہ نہیں ہوتی ہے۔

میجر تھرڈ یعنے کبیر سوم کے بعُد کی صورت میں (دیکھو شکل ۶۰) نیچے امتداد کے سُر کی مضاعف سُرتی ۴ اور اوپر والے سُر کی سُرتی ۳ کے تداخل سے ضربیں پیدا ہوتی ہیں۔ اسی طرح نیچے والے سُر کی سُرتی ۶ اور اوپر والے سُر کی مضاعف سُرتی ۵ کے ملنے سے بھی ضربیں بنتی ہیں۔ اوپر کے سُر کی مضاعف سُرتی ۲ کا تعدّد نیچے کے سُر کی سُرتیوں ۲ اور ۳ کے تعدّدوں سے بہت مختلف ہونے کی وجہ سے ضربیں نہیں محسوس ہوسکتیں۔

اسی طرح دوسرے اباعد کی ناہمواریاں بھی دریافت کی جاسکتی ہیں۔

ہلم ہولٹس نے ایک منحنی کے ذریعہ پورے سرگم کے اباعد کی اضافی ناہمواری بتائی ہے۔ شکل (۶۱) میں یہ منحنی کھینچی گئی ہے۔ اس کے ملاحظہ سے ظاہر ہوگا کہ نیم سُرتی سے کچھ ہی کم بعُد پر اور پھر ہفتم سے اوپر ناہمواری اعظم واقع ہوتی ہے۔ اوکیٹو یعنے سرگم اور نیز پنجم بعُد کے ساتھ

ناہمواری اقل ہوتی ہے۔ شکل سے یہ بھی واضح ہوگا کہ اوکٹیو اور ففتھ (پنچم) کے دونوں جانب منحنی نہایت

شکل (۶۱)

آواز کی ناہمواری اور سُروں کے بُعد میں تعلق (ہلم ہولٹس کے منحنی کے ذریعہ)

ڈہالو ہے جس کی وجہ سے اِن دونوں بُعدوں کے سُر ملانے میں اگر ذرا بھی کمی زیادتی واقع ہوتی ہے تو آواز نہایت ناہموار نکلتی ہے اور غلطی فوراً پہچان لی جاتی ہے اسی لئے بہ نسبت اور ابعاد کے، سرگم اور پنچم کے سُروں کا صحت کے ساتھ ملانا آسان ہے۔

امتزاج — اگر کسی موسیقی آلہ پر ڈائیا ٹونک پیمانہ س (C) کے سُر سے شروع کرکے بجانا ہو تو اُس پر سرگم کے لئے آٹھ سُر کا ہونا ضرور ہوگا۔ پیمانہ کے ابتدائی سُر کو سَ (۵۱۲ تعدّد) مانیں تو پہلے دو سرگم حسب ذیل ہونگے:

(سَ)	(رَ)	(گَ)	(مَ)	(پَ)	(دھَ)	(نَ)	
۵۱۲	۵۷۶	۶۴۰	۶۸۲ ۲/۳	۷۶۸	۸۶۴	۹۶۰	
(سً)	(رً)	(گً)	(مً)	(پً)	(دھً)	(نً)	(سٌ)
۱۰۲۴	۱۱۵۲	۱۲۸۰	۱۳۶۵	۱۵۳۶	۱۷۲۸	۱۹۲۰	۲۰۴۸

لیکن چونکہ ٹون (سُرتی) کا بُعد کسیقدر بڑا ہوتا ہے اِس لئے ڈائیاٹونک پیمانہ میں حسب تفصیل ذیل ایک ایک سیمی ٹون (نیم سُرتی) اشریک کرنے سے یہ بات رفع ہو جاتی ہے:-

سَ اور رَ کے بیچ میں، رَ اور گ کے بیچ میں، مَ اور پَ کے بیچ میں، پَ اور دھَ کے بیچ میں، دھَ اور نَ کے بیچ میں۔

مکمّل پیمانہ شکل ۶۲ (۱) میں بتایا گیا ہے۔ اب سرگم تک پہنچنے کے لئے بارہ سُر ہوتے ہیں۔ یہ پانچ نئے سُر جو پیمانہ میں شریک کئے گئے ہیں تیز سُر کہلاتے ہیں اُن کے لئے یہ علامت # رکھی گئی ہے۔ پیانو کے سیاہ سُر یہی ہیں۔

فرض کرو ڈائیا ٹونک پیمانہ سُر (پَ) سے شروع کرنا مقصود ہے اور سُروں کے ابعاد وہی رکھے گئے ہیں جو سُر (سَ) سے شروع کرتے وقت رکھے گئے تھے۔ ایسی صورت میں پیمانہ کے سُروں کے تعدّد حسب تفصیل مندرجہ شکل ۶۲ (۳) ہونگے۔ اِس کے معائنہ سے معلوم ہوگا کہ یہ سب سُر باستثناء ساتویں کے (جس کا تعدّد ۴۸۰ ہے) سَ سے شروع ہونے والے پیمانہ میں پیشتر ہی سے موجود ہیں۔ پس مصرحّہ بالا سُر یعنے پ (اَ میجر) سے پیمانہ شروع کرنے کے لئے ایک سُر کے بڑھانے کی ضرورت

ہوتی ہے۔
دوسرے سُر
پہلے سے موجود
ہیں اِن میں
کسی ترمیم کی
ضرورت نہیں۔
اسی طرح معلوم
ہوگا کہ جب
کبھی ایک نئے
سُر سے پیمانہ
شروع کیا جائیگا
یعنے بجائے سَ
کے کسی دوسرے
سُر کو، ٹونک یا کی نوٹ
(کھرج) بنایا
جائیگا باجے میں
چند نئے سُروں
کی شرکت کی

شکل (۲۶۲)
پیمانہ - ڈائیا ٹونک اور مساوی تعادل کا

ضرورت داعی ہوگی - بس اگر کسی باجہ پر سُر کی کنجیاں قائم اور غیر متبدل ہیں (یعنے ایک کنجی سے ایک ہی تعدّد کا سُر

پیدا ہوسکتا ہے) تو واضح ہے کہ کسی ایک سُر سے پیمانہ شروع کرکے سرگم تک پہنچنے کے لئے کنجیوں کی تعداد بیحد کثیر ہونی چاہیئے جو عملاً ناممکن ہے۔اس وجہ سے پیمانہ میں عموماً امتزاج قائم کیا جاتا ہے۔ یعنے پیمانہ کے ابعاد میں ترمیم کی جاتی ہے جسکی وجہ سے کسی سُر سے بھی پیمانہ شروع کیا جاسکتا ہے۔ سُروں کے بُعد ہر صورت میں قریب قریب صحیح ہوتے ہیں۔کبھی بھی مطلق صحیح نہیں ہوتے۔مثلاً f# (م#) کو (پ) کبیر کے پیمانہ میں بطور ساتویں سُر کے شریک کرلیا جاسکتا ہے۔ اگرچہ اُس کا تعدّد ۱۴۵۶ ہے نہ کہ ۱۴۴۰۔

سارنگی کے سے موسیقی ساز میں جن میں سُر قائم اور غیر متبدّل نہیں ہوتے ہیں بلکہ بجانے والا ساز کو حسب ضرورت ترتیب دے کر اُنہیں پیدا کرتا ہے کسی سُر کو بھی کھرج (ٹونک) بناکر پیمانہ کے راگ کامل صحّت کے ساتھ بجا سکتے ہیں۔گانے میں بھی اس طرح کی کامل صحت ممکن ہے

مساوی امتزاج کا پیمانہ۔غیر متبدّل سُروں کے موسیقی ساز (مثل پیانو یا ارگن) کے پیمانہ کو معتدل بنانے کے مختلف طریقے ہیں۔ اسوقت جو طریقہ عام طور پر مروّج ہے اُس میں سرگم کے بُعد کو ۱۲ بالکل مساوی نیم سُرتیوں پر تقسیم کرتے ہیں۔اس لئے اُس کا نام مساوی امتزاج کا پیمانہ رکھا گیا ہے۔ واضح ہے کہ یہ پیمانہ کسی کھرج کے لئے بھی صحیح ڈائیا ٹونک

پیمانہ نہیں ہو سکتا لیکن ہر کھرج کے لحاظ سے اُس کا
حسن وقبح مساوی ہے۔

چونکہ اِس پیمانہ کی نیم سُرتی کو ۱۲ مرتبہ دوہرانے سے
سُر کا تعدّد دوچند ہو جاتا ہے اِس لئے اگر اُس کے بُعد
کو لا قرار دیا جائے تو

لا × لا × لا ×....... ۱۲ مرتبہ = ۲

یعنی لا^{12} = ۲

پس لا = $\sqrt[12]{2}$ = ۱٫۰۵۹۵

ڈائیا ٹونک پیمانہ کی نیم سُرتی $\frac{16}{15}$ = ۱٫۰۶۷ ہوتی
ہے۔ پس مساوی امتزاج کے بُعد سے اُس کا بُعد کچھ ہی
زیادہ ہوتا ہے۔ مساوی امتزاج کے بُعد یعنی ۱٫۰۵۹۵
سے اگر (سا) کو سُر کنجی مان کر پیمانہ بنایا جائے تو اُسکے
سُروں کے تعدّد حسب تفصیل مندرجہ شکل ۶۲ (۴) ہونگے
اُس کے دیکھنے سے ظاہر ہو گا کہ اُس کا کوئی بُعد بھی مکمل
صحیح نہیں ہے ساتھ ہی چنداں غلط بھی نہیں ہے۔ سب سے
زیادہ غیر صحیح # ما ہے جس میں تعدّد بجائے ۹۲۲ ہونے
کے ۹۱۲٫۳ ہے۔ لیکن یہ سقم صرف وہی مشاق پہچان
سکتا ہے جس نے موسیقی کی باضابطہ تعلیم پائی ہو۔ دوسرے
سُر ڈائیا ٹونک سُروں سے کافی قریب ہیں۔ اِس شکل
سے یہ بھی صاف ظاہر ہوتا ہے کہ کسی سُر کو بھی کھرج

(ٹونک ، ماننے سے پیمانہ کی وہی کیفیت ہوتی ہے جو (اس) کو ماننے سے ہوتی ہے۔

چھٹے باب کی مشقیں

(۱)۔ موسیقی بُعد کا مفہوم کیا ہے بیان کرو۔ ثابت کرو کے دو بُعدوں کے سُروں کی تعدّدوں کی نسبتوں کو آپس میں ضرب دینے سے اُن بُعدوں کا مجموعہ حاصل ہوتا ہے۔

(۲)۔ ڈائیا ٹونک پیمانہ کے سُروں کے اضافی تعدّد لکھو اور اِن سُروں کے اباعد کے نام ترتیب وار بتاؤ۔

(۳)۔ کئی ابعاد ایسے ہیں کہ اُن میں آواز نا ہموار محسوس ہوتی ہے اُس کی کوئی وجہ بیان کرو۔ تاروں کے سُروں میں ایک سرگم کا بُعد ترتیب دینا بہت زیادہ آسان ہے بہ نسبت چہارم بُعد کے اُس کا کیا سبب ہے سمجھاؤ۔

(۴)۔ غیر متبدل تاروں کے ساز کے لئے مساوی امتزاج کا پیمانہ کس طرح بنایا جاتا ہے۔ بیان کرو۔

ساتواں باب

تاروں کا ارتعاش

تنے ہوئے تار میں موج - تنے ہوئے تار عرضی موجوں کی اشاعت کی قابلیت رکھتے ہیں۔ اگر تنے ہوئے تار کا ایک حصّہ ایک جانب آڑا کھینچا جائے اُس کا تناؤ اُس کو پھر اپنی اصلی سکون کی وضع میں واپس جانے پر مجبور کرتا ہے۔ معہذا تار کے جمود کی وجہ سے جس قوّت کے باعث تار کے حصّے میں نقل مکان واقع ہوتا ہے اُس کا پورا اثر پیدا ہونے کے لئے کچھ وقت صرف ہوتا ہے۔ پس ایک خاص رفتار کے ساتھ تار پر سے ایک موج گزر سکتی ہے۔ ایسی موج رسّی پر سے گزرتی ہوئی آسانی سے دکھائی دے سکتی ہے۔ رسّی کا ایک سِرا ٢ (شکل ٦٣) باندھ دیجو دوسرے سرے ب کو اگر خفیف ساتان کر افقی وضع

میں پکڑا جائے، اور پھر یکایک جھٹکا دے کر ب کو ذرا سا بازو ہٹایا جاے تو موج (۱) اُٹھیگی اور رسّی پر سے جیسا کہ (۲) اور (۳) کے ذریعہ بتایا گیا ہے، گزرتی ہوی دوسرے سرے تک

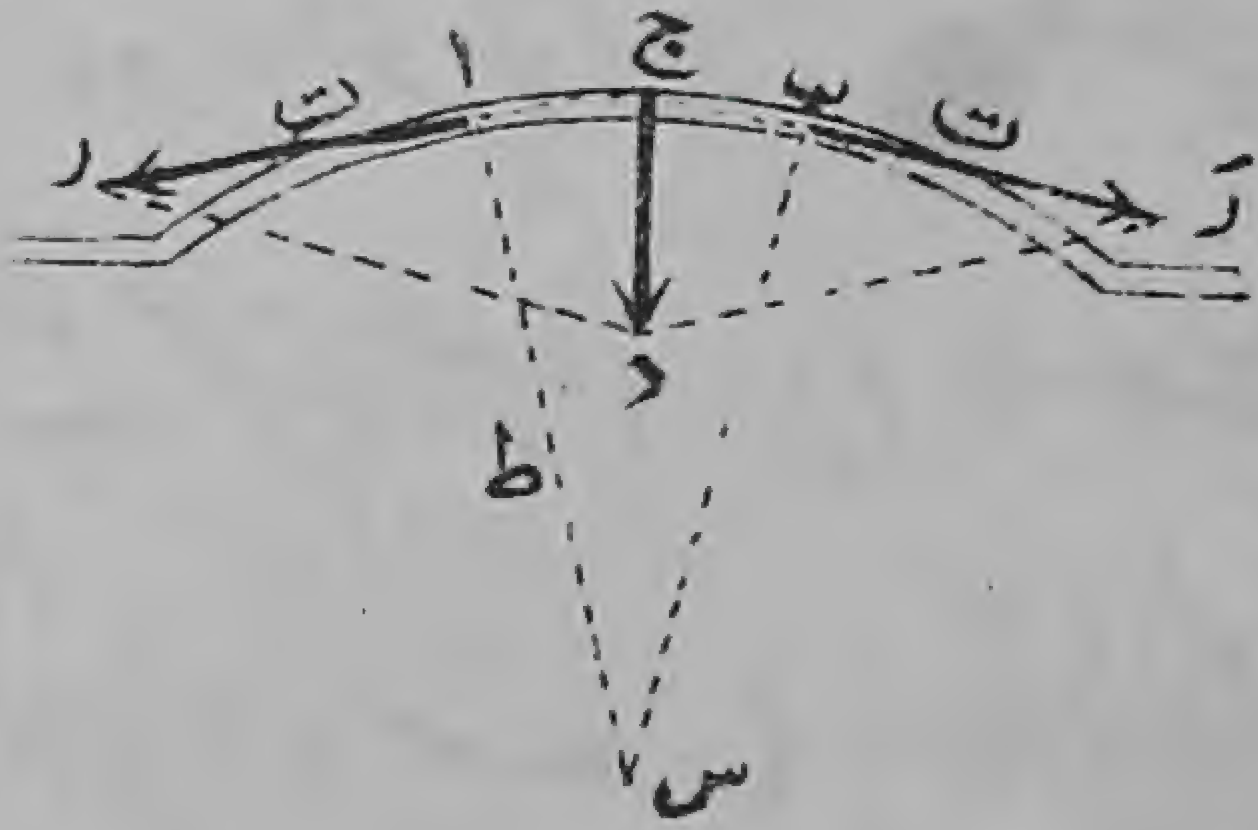
شکل (۶۴)

تنے ہوئے تار میں موج

چلی جائیگی - اگر رسّی کو بہت کھینچکر پکڑا نہ گیا ہو تو اس موج کی رفتار کم ہوگی اور وہ رسّی پر سے گزرتی ہوئی دکھائی دیگی - جوں جوں تناؤ بڑھایا جائیگا موج کی رفتار بھی تیز ہوتی جائیگی - اگر رسی کو باقاعدہ طور پر بالترتیب سیدھے بائیں جانب جھٹکے دیئے جائیں تو رسّی پر سے سادہ موسیقی حرکت کے منحنی کے مشابہ، ایک موج گزریگی - ۲ کے پاس پہنچکر موج منعکس ہوجائیگی - آگے چلکر ہم اُسکے انعکاس پر بحث کرینگے -

تنے ہوئے تار پر موج کی رفتار - جس طرح بیچکاؤ کی موج کی رفتار دریافت کرتے وقت صفحہ (۱۰۰) پر علم الحرکت کے اِس عام مساوات:

قوت = کمیت × اسراع

سے مدد لیگئی تھی، عرضی موج کی رفتار بھی اُسکی بدولت شمار ہوسکتی ہے۔
فرض کرو تار کا تناؤ (ت) ڈائین ہے۔ اُس کے ایک چھوٹے حصہ ا ب (شکل ۶۴) کے دونوں سروں پر قوت (ت) ڈائین عامل ہے۔

جب یہ حصہ موج کی روانی کی وجہ سے مڑجاتا ہے تو اُس کے انحناء کے سبب سے یہ دونوں قوتیں (ت) ایک خط میں نہ ہونگی۔ اُن کا حاصل تار کے اس حصہ کو موج سے پہلے کی سی تعادل کی حالت میں، یعنے سیدھی وضع میں، لانے کا متقاضی ہوگا۔

شکل (۶۴)
تنے ہوئے تار کے چھوٹے حصہ پر عمل کرنے والی قوتیں

اِن قوتوں کو خطوط ج ر، ج رَ سے (جو مساوی ہیں) تعبیر کرکے قوتوں کے متوازی الاضلاع کی تکمیل کرو۔ حاصلِ قوت وطر ج د ہوگا۔ چونکہ تار کا حصہ ا ب بہت چھوٹا فرض کیا گیا ہے اُس کے سروں کے عمود نقطہ (س) پر ملینگے اور س ا = س ب = تار کے انحناء کا نصف قطر (ط) مقام (ج) پر۔ معہذا شکل ا ب س کو تقریباً مثلث مان سکتے ہیں جو مثلث ج د ر کے متماثل ہے۔

$$\therefore \quad \frac{\text{ج د}}{\text{ج ر}} = \frac{\text{ا ب}}{\text{س ا}}$$

∴ ج د = ج ر $\frac{۲ب}{س^۲}$

یعنے تار کو اصلی وضع میں واپس لانے والی قوّت = ت $\frac{۲ب}{ط}$

اگر تار کی اِکائی طول کی کمیّت (ک) قرار دی جائے تو طول ۲ب کی کمیّت ۲ب × ک ہوگی۔

اور چونکہ قوّت = کمیّت × اسراع

تار پر کے کسی نقطہ کا اسراع = ت × $\frac{۲ب}{ط}$ × $\frac{۱}{۲ب × ک}$

یا اسراع = $\frac{ت}{ک ط}$ .... (۱)

اب ہم اس اسراع کو موج کی رفتار د کے ساتھ کیا تعلق ہے دریافت کرتے ہیں۔ شکل ۶۵ میں تار کے ایک چھوٹے حصّہ ع ف پر غور کرو جہاں رفتار میں تبدیلی ہورہی ہے۔

$\frac{\text{نقطہ ع کی رفتار}}{\text{موج کی رفتار}}$ = موج کے منحنی کا میل = $\frac{ع ص}{ص ل}$ (صفحہ ۵۳)

یعنے تار کے نقطہ ع کی رفتار = د $\frac{ع ص}{ص ل}$ = د ن۲

اس لئے کہ زاویہ ن۲ بہت چھوٹا ہونے کی وجہ سے

نسبت $\frac{ع ص}{ص ل}$ کے مساوی لکھا جاسکتا ہے۔ شکل ۶۵ میں وضاحت کی غرض سے تار کی صورت میں جو تبدیلی بتائی گئی ہے مبالغہ آمیز ہے۔ دراصل موج کی وجہ سے تار کی شکل میں بہت خفیف تغیّر واقع ہوتا ہے اور زاویہ ن۲

علی العموم بہت چھوٹا ہوتا ہے۔

شکل (۶۵)

موج کی حالت میں تار کے ذرّوں کی رفتار کے لئے شکل۔

اسی طرح (ف) کی رفتار = ر ذ۱

∴ جب موج (ف) سے (ع) کو جاتی ہے تو اُسی مدّت میں ذرّے کی رفتار (ر ذ۲) سے بدلکر (ر ذ۱) ہوجاتی ہے

∴ ذرّے کا اسراع = $\frac{\text{ر ذ۱ - ر ذ۲}}{\text{مدت جسمیں موج فاصلہ ف ع طے کرتی ہے}}$

ع اور ف کے پاس منحنی کے نصف قطروں (س ف اور س ع) کے مابین زاویہ (ذ) واقع ہوا ہے اور وہ خطوط ل ع اور م ف کے تقاطع سے جو زاویہ بنتا ہے اُس کے مساوی ہے۔

∴ قوس ع ف کا طول = ط ذ = (ذ۱ - ذ۲)

اور موج کو یہ فاصلہ ع ف طے کرنے میں وقت $\frac{\text{ع ف}}{\text{ر}}$ صرف ہوتا ہے۔

یعنی $\frac{\text{ط}\,\hat{\text{ق}}}{\text{سا}}$

$$\text{پس اسراع} = \frac{\text{سا}\,(\hat{\text{ذ}}_1 - \hat{\text{ذ}}_2)}{\frac{\text{ط}\,\text{ق}}{\text{سا}}} = \frac{\text{سا}^2}{\text{ط}}$$

$$\text{اس لئے کہ}\ (\hat{\text{ذ}}_1 - \hat{\text{ذ}}_2) = \hat{\text{ق}}$$

(۱) اور (۲) جملوں سے جو اسراع کے لئے ماخوذ ہوئے ہیں یہ مساوات حاصل ہوتی ہے۔

$$\frac{\text{سا}^2}{\text{ط}} = \frac{\text{ت}}{\text{ک}\,\text{ط}}$$

$$\therefore \quad \text{سا} = \sqrt{\frac{\text{ت}}{\text{ک}}} \qquad (۳)$$

پس اگر تار پر سے ایسی عرضی موج گزرتی ہے کہ اُس کے ذرّوں کے انتقال کا فاصلہ ہمیشہ قلیل ہوتا ہے اور تار کے مڑنے میں کوئی قابل لحاظ دشواری نہیں پائی جاتی تو موج کی رفتار $\sqrt{\frac{\text{ت}}{\text{ک}}}$ ہوتی ہے۔ اگر یہ دوسری شرط پوری نہ ہو تو تار کے مڑنے سے دوسری اور قوّتیں اس پر عامل ہوتی ہیں جس کی وجہ سے مسئلہ بہت پیچیدہ ہو جاتا ہے۔ اِس کتاب میں صرف ایسے باریک تاروں کے عرضی ارتعاش کا حال بیان ہوگا جن کی سختی ناقابل لحاظ سمجھی جاسکتی ہے۔

تار کی موسیقی موجیں۔ عرضی موجوں پر عام طور پر بحث کرتے ہوے ہم نے صفحہ ۵۵ پر بتایا تھا کہ موسیقی موج کے لئے یہ مساوات صادق آتی ہے:-

ما = ا جب ۲π (ت/د - لا/لہ) ——

(جہاں د سے مراد وقتِ دوران ہے)

اور کسی مرتعش تار کے ذرّے کی حرکت کی مساوات

ما = ا جب ۲π ت/د

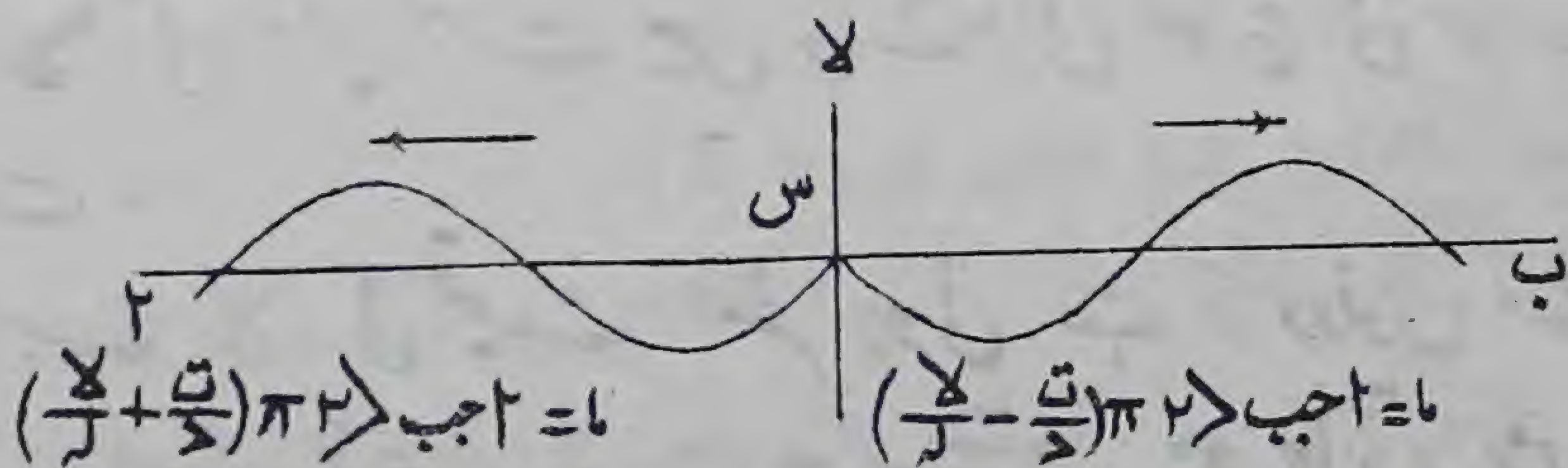
پہلی مساوات میں لا کو صفر کے مساوی لکھنے سے ماخوذ ہوتی ہے۔

اگر کسی تار کے وسطی مقام پر کے ذرّے کو سادہ موسیقی حرکت دی جائے تو واضح ہے کہ موجیں اُس سے نکلکر تار کے دونوں سروں کی طرف جائینگی۔ مثلاً شکل (۶۶) میں اگر تار ا ب کے وسطی ذرّے (س) کو محور س ما پر سادہ موسیقی حرکت دی جائے تو ایک موج لا کی مثبت

لا

س

ا ب

ما = ا جب ۲π (ت/د + لا/لہ) ما = ا جب ۲π (ت/د - لا/لہ)

شکل (۶۶)

ایک مرتعش ذرّے کے پاس سے اٹھنے والی موجیں

سمت میں جائیگی اور دوسری اُس کی منفی سمت میں پہلی موج کی مساوات

ما = ا جب ۲π (ت/د - لا/لہ) ہے

اِس لئے کہ جو ذرّے تار پر (س) کے سیدھے جانب
زیادہ دُور واقع ہوتے ہیں اُن کے ارتعاش کی ہئیت
میں زیادہ تاخیر پائی جاتی ہے۔ بائیں جانب جانے والی
موج کی مساوات

ما = ۲ جب ⟨ 2π (ت/د + لا/لہ) ہے

اِس لئے کہ اِس موج پر جن ذرّوں کی ہئیت
میں زیادہ تاخیر ہوتی ہے اُن کے لئے (-لا) کی قیمت
زیادہ ہوتی ہے

یعنے موج کی روانی کی سمت لا کی علامت سے
ظاہر ہوتی ہے۔ لا کی مثبت سمت میں جانے والی
موج کی علامت مندرجہ بالا مساوات میں منفی ہوتی ہے
اور لا کی منفی سمت میں جانے والی موج کی علامت
مثبت۔

جب لا کی قیمت صفر ہوتی ہے تو دونوں مساواتیں
شکل بدل کر ما = جب ⟨ 2π ت/د ہو جاتی ہیں۔

موجوں کا انعکاس تاروں میں۔ تنے ہوئے تار
پر جب موجیں ایسے مقام پر پہنچتی ہیں جہاں تار جکڑا
ہوا ہوتا ہے تو وہ منعکس ہو جاتی ہیں۔ انعکاس کی حالت
میں کیا واقع ہوتا ہے معلوم کرنے کے لئے فرض کرو تار
کا ایک ذرّہ یا نقطہ (ن) کے پاس شکنجہ میں جکڑ دیا گیا ہے
(شکل ۶۷)۔ شکنجہ کی وجہ سے تار کا یہ حصّہ حرکت کر نہیں سکتا

اگر شکنجہ نہ ہوتا تو تار کا نقطہ (ن) سادہ موسیقی حرکت کرتا۔ لیکن چونکہ وہ اس حرکت سے روک دیا گیا ہے اس لئے وہ شکنجہ پر ایک سادہ موسیقی قوت

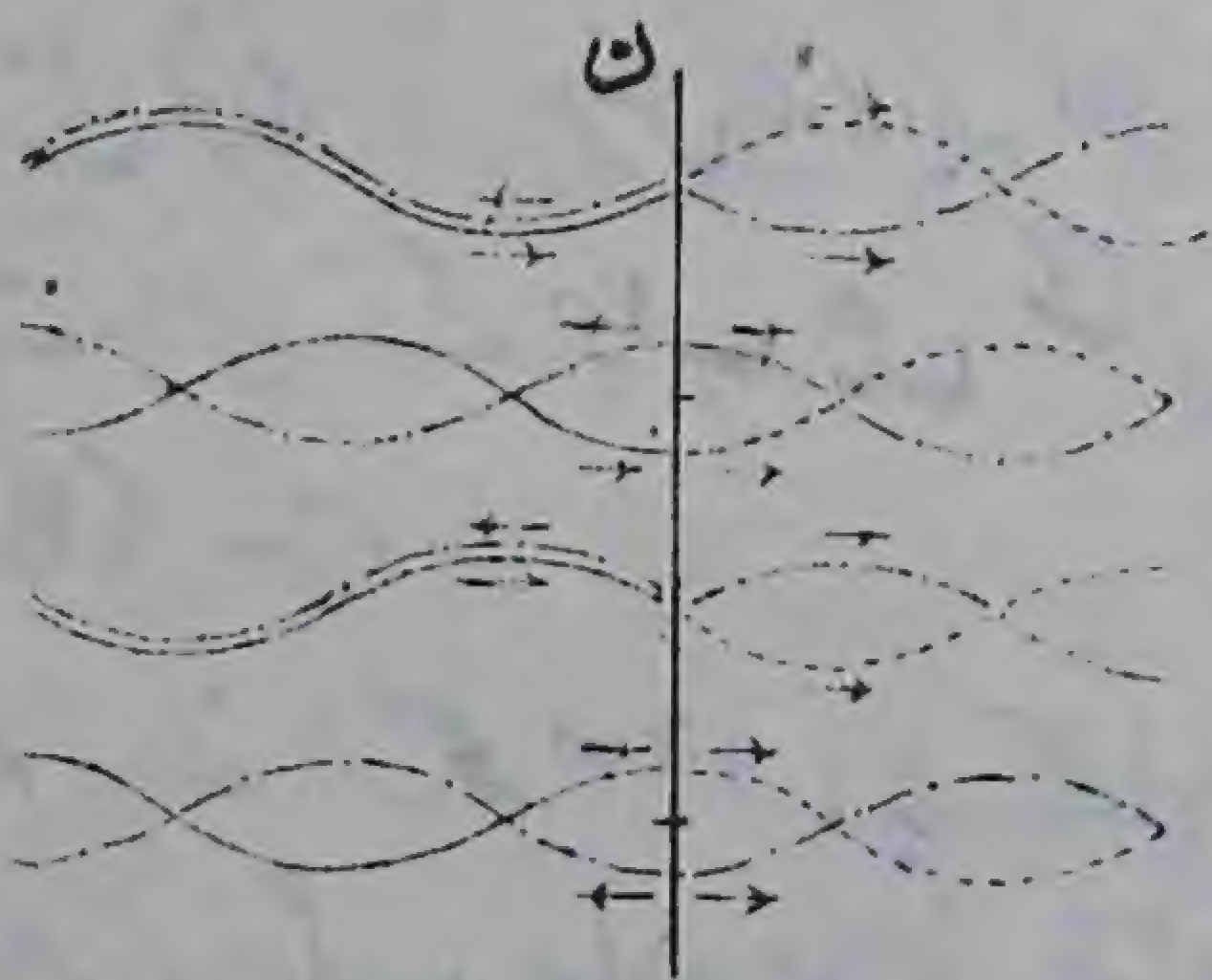
(شکل ۶۷)
مرتعش تار کا ایک نقطہ سکون کی حالت میں قائم رکھا گیا ہے

لگاتا ہے۔اس کے جواب میں شکنجہ بھی اُس پر ایک ایسی ہی قوت لگاتا ہے۔

ہم نے (صفحہ ۱۹۳) پر سمجھایا ہے کہ جب تار کے کسی مقام پر ایک سادہ موسیقی قوت عمل کرتی ہے تو دو موسیقی موجیں پیدا ہوتی ہیں جو اس مقام سے نکل کر مخالف سمتوں میں جاتی ہیں۔چونکہ نقطہ (ن) کے داہنے جانب (شکل ۶۷) کے تمام ذرّوں کی حاصل حرکت صفر ہوتی ہے اس لئے داہنے جانب کو جانے والی جو موج شکنجہ کے عمل سے پیدا ہوتی ہے 'واقع' موج کے نقطہ (ن) کے داہنے جانب کے سلسلہ کے ٹھیک مساوی اور مخالف ہوتی ہے۔شکنجہ کے عمل سے دوسری جو موج بائیں جانب جاتی ہے وہی منعکس موج ہے۔

نقطہ (ن) کے داہنے جانب تار کی کچھ حرکت نہیں اس لئے تار کے اس حصّہ کا وجود و عدم وجود دونوں

ایک ہیں۔ ن تار کا ایک جکڑا ہوا سرا ہو سکتا ہے۔ حقیقی موجیں صرف واقع اور منعکس موجیں ہیں۔ منعکس موج کی ہئیت متذکرۂ بالا حالات کے لحاظ سے دریافت ہو جاتی ہے۔

شکل (۶۸) میں موج کے وقوع و انعکاس کی چار متواتر حالتیں بتائی گئی ہیں۔ واقع موج مسلسل خط میں کھینچی گئی ہے۔ جکڑے ہوئے سرے کے پار اُس کا سلسلہ نقطہ دار خط کے ذریعہ بتایا گیا ہے۔ شکنجہ کے عمل سے جو دو موجیں نقطہ ن سے پیدا ہوتی ہیں زنجیر نما خط کے ذریعہ بتائی گئی ہیں۔ شکل کے دیکھنے سے معلوم ہو جائیگا کہ ن کے پاس منعکس موج کی ہئیت ہمیشہ ایسی ہوتی ہے کہ واقع اور منعکس موجوں کے زیر اثر اُسکا (یعنے ن کا) حاصل "خلل" صفر ہوتا ہے۔

(شکل ۶۸)
= تار کے جکڑے ہوئے سرے کے پاس موج کا انعکاس

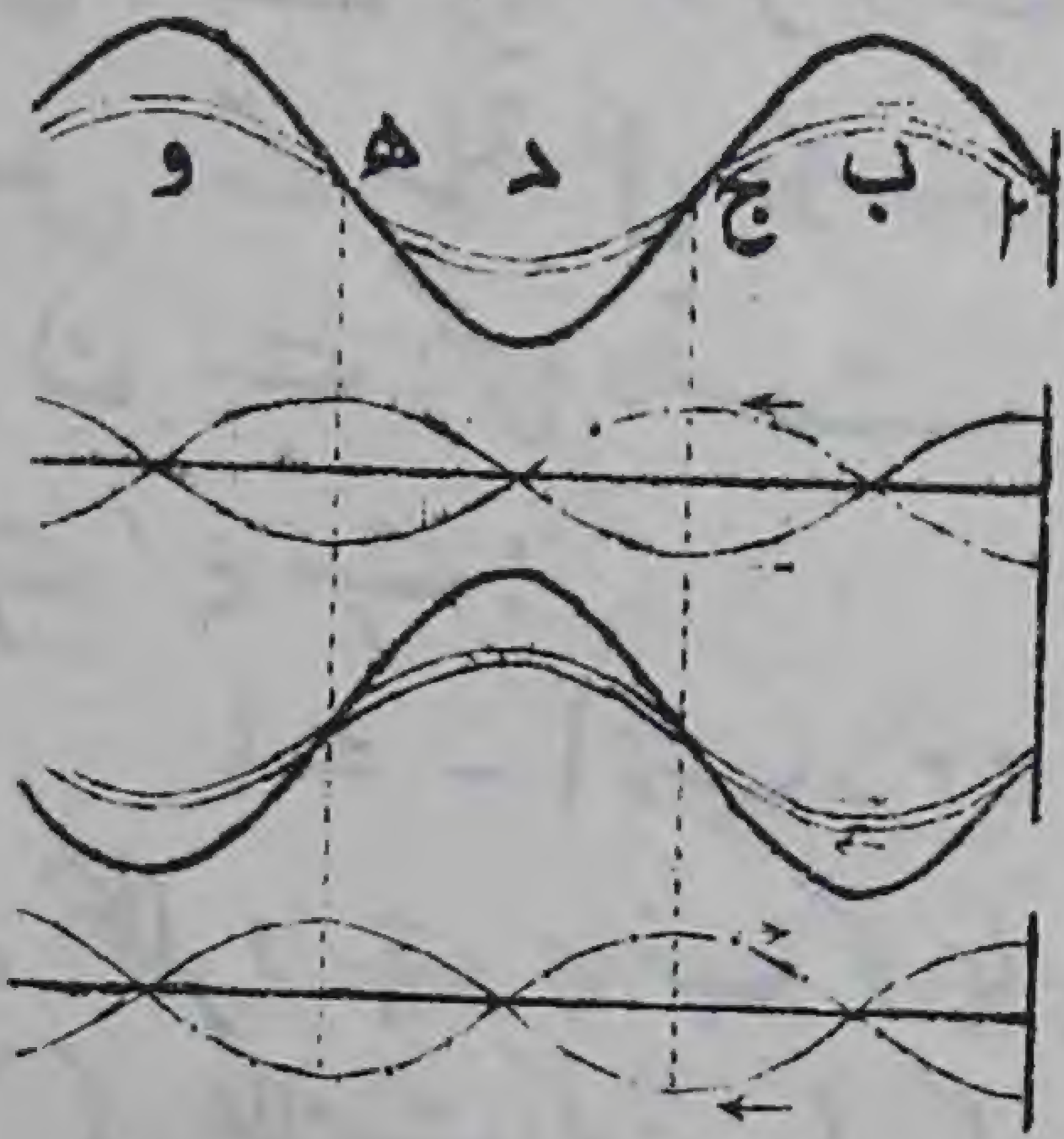
مساوات کے ذریعہ یہ موجیں اِس طرح سمجھائی جا سکتی ہیں:—

واقع موج کی مساوات ما = ا جب ۲π (ت/د - لا/لہ) ہے
اس کو تلف کرنے کے لئے یہ تصور کرنا چاہئے کہ
موج ما = - ا جب ۲π (ت/د - لا/لہ)
نقطہ (نَ) سے پیدا ہوکر داہنے جانب جاتی ہے۔
اس کے ساتھ کی دوسری موج کی مساوات،
جو نقطہ ن سے اسی وقت نکلتی اور بائیں جانب
جاتی ہے، یہ ہے:

ما = - ا جب ۲π (ت/د + لا/لہ)

ن سے نکلکر داہنے جانب کو جانے والی موج کی مساوات
میں لا کی علامت کو تبدیل کرنے سے یہ مساوات
بنتی ہے۔ اور وہ منعکس موج کی مساوات ہے۔

مقیم ارتعاشیں اور تداخل۔ صفحہ (۱۳۸) پر
ہم نے دیکھا تھا کہ ایک ہی تعدّد کے دو موجوں کے
سلسلے، جب کسی واسطہ میں سے گزرتے ہیں تو انہیں
تداخل ہوکر واسطہ میں، یکے بعد دیگرے، اعظم اور
صفر "خلل" کے غیر متبدل مقام مُرتّب ہوتے ہیں۔
تار کا ایک سرا جکڑ دیا جاتا ہے تو اس میں بھی
یہی بات پیدا ہوتی ہے۔ موجوں کا انعکاس ہوکر واقع
اور منعکس موجوں میں تداخل ہوتا ہے اور تار کا ارتعاش
"مقیم" بن جاتا ہے
شکل (۶۸) کی مدد سے یہ معلوم ہوسکتا ہے کہ

ارتعاش کے ایک مکمّل دَور کی مدت میں واقع اور منعکس موجوں کی اضافی ہیئتیں کیا ہوتی ہیں۔ شکل (۶۹) میں اِن دونوں (یعنے واقع اور منعکس) موجوں کا حاصل مجموع دریافت کیا گیا ہے۔ موٹے خط میں جو منحنی کھینچا گیا ہے یہی حاصل مجموعی موج ہے۔ یعنے اُس سے

(شکل ۶۹)
تار کا حاصل ارتعاش

تار کی حقیقی شکل کا (حالتِ ارتعاش میں) پتہ چلتا ہے۔ ربع وقتِ دَوران کے فصل سے چار حالتیں بتائی گئی ہیں۔ نقطے ا، ج، ھ وغیرہ ساکن ہیں یعنے وہ صفر 'خلل' کے مقام ہیں اور عُقدہ کہلاتے ہیں ب، د، و وغیرہ اعظم 'خلل' کے مقام ہیں اور ضدعُقدہ کہلاتے ہیں۔ شکل کے ملاحظہ سے یہ بھی ظاہر ہوگا کہ دو متبادل عقدوں یا یا ضدّ عقدوں کے بیچ میں فاصلہ ایک طولِ موج

ہے۔

تار کا قطعہ $\overline{\text{اج}}$ یا $\overline{\text{جھ}}$ تار کے ایک بازو سے دوسرے بازو (یعنے تار کی حالتِ سکون کی وضع پر عمودوار) حرکت کرتا ہے۔ اُس کے ہر ایک ذرّہ یا نقطہ کی حرکت سادہ موسیقی ہے۔ لیکن کسی دو متصّل قطعوں کی ہئیتیں مخالف ہیں۔ معہذا ایک ہی قطعہ کے نقطوں یا ذرّوں کی ہئیت ہمیشہ ایک ہوتی ہے۔

تار کی حاصل مجموعی حرکت کی مساوات اُس کی واقع اور منعکس موجوں کی مساواتوں سے بہت آسانی کے ساتھ اخذ کی جاسکتی ہے۔

چونکہ واقع موج میں $\text{ما} = \text{ا جب}\left\langle ۲\pi\left(\frac{\text{ت}}{\text{د}} - \frac{\text{لا}}{\text{لہ}}\right)\right\rangle$

اور منعکس موج میں $\text{ما} = -\text{ا جب}\left\langle ۲\pi\left(\frac{\text{ت}}{\text{د}} + \frac{\text{لا}}{\text{لہ}}\right)\right\rangle$

∴ اِن دونوں موجوں کے حاصل کی مساوات

$$\text{ما} = \text{ا جب}\left\langle ۲\pi\left(\frac{\text{ت}}{\text{د}} - \frac{\text{لا}}{\text{لہ}}\right)\right\rangle - \text{ا جب}\left\langle ۲\pi\left(\frac{\text{ت}}{\text{د}} + \frac{\text{لا}}{\text{لہ}}\right)\right\rangle \text{ ہے}$$

$$= \text{۲ا جب}\left\langle ۲\pi\frac{\text{لا}}{\text{لہ}}\right\rangle \text{جم}\left\langle ۲\pi\frac{\text{ت}}{\text{د}}\right\rangle$$

یا $$\text{ما} = \text{ح جم}\left\langle ۲\pi\frac{\text{ت}}{\text{د}}\right\rangle$$

جسمیں $$\text{ح} = \text{۲ا جب}\left\langle ۲\pi\frac{\text{لا}}{\text{لہ}}\right\rangle$$

پس تار کا ہر ایک نقطہ یا ذرّہ ایک سادہ موسیقی

حرکت انجام دیتا ہے جس کا حیطۂ ارتعاش (ح) تار کے مختلف مقاموں پر مختلف ہے۔ جب وقت ت = صفر تو

$$جم\ 2\pi\frac{ت}{د} = 1$$

اور $ح = 2\,ا\ جب\ 2\pi\frac{لا}{لہ}$۔ اس مساوات سے اس خاص وقت میں تار کی شکل کیا ہوگی معلوم ہوتی ہے۔ جن مقاموں پر لا = صفر، لا = $\frac{لہ}{2}$، لا = لہ، لا = $\frac{3لہ}{2}$ وغیرہ حیطۂ ارتعاش صفر ہے۔ یہ نقطے عقدے ہیں۔

جہاں لا = $\frac{لہ}{4}$، لا = $\frac{3لہ}{4}$، لا = $\frac{5لہ}{4}$ وغیرہ حیطۂ ارتعاش ۲ا ہے (یا -۲ا)۔ اور یہ نقطے ضدِ عقدہ ہیں۔

دونوں سروں پر جکڑا ہوا تار۔ کسی تار کو جس کے دونوں سرے جکڑے ہوئے ہوں ایک مقام پر سادہ موسیقی حرکت دی جائے تو اُس مقام سے موجیں دونوں سروں کی طرف جائینگی۔ وہاں سے منعکس ہوکر مقابل کے سروں پر پہنچینگی اور پھر لوٹ کر اپنے ابتدائی مقام پر واپس آئینگی۔ یعنے ہر ایک موج تار کے طول کا دوچند فاصلہ طے کرے گی۔ اگر یہ موجیں ابتدائی مقام پر ایسے وقت میں پہنچتی ہیں کہ وہاں پھر ایک نیا (خلل) اُسی ہئیت میں تیار ہے جس ہئیت میں موجیں پہنچتی ہیں تو

اِن موجوں کو اُس سے تقویت ہوگی اور یہی عمل پیشتر سے زائد حیطۂ ارتعاش کے ساتھ دوہرایا جائیگا - اگر ارتعاش کی نوعیت سادہ ترین ہو تو موجیں تار کے طول کا دو چند فاصلہ اس کے ایک کامل دَور کی مدت میں طے کرتی ہیں پس واضح ہے کہ یہ فاصلہ طول موج لہ کے برابر ہوگا - یعنے

۲ ل = لہ

جس میں ل سے مراد تار کی لمبائی یا طول ہے -

لیکن صفحہ (۵۱) پر بتایا گیا ہے کہ س = ع لہ

(ع سے مراد یہاں تعدّدِ ارتعاش ہے)

اور صفحہ (۱۹۲) " " " " س = √(تت/ک)

(تت = تناؤ ک = تار کی کمیت فی اِکائی طول)

∴ ع = (۱/۲ل) √(تت/ک)

یہ تار کی سادہ ترین قسم کے ارتعاش کا تعدّد ہے -

اگر تار پر سے موج دو بار گزرے تک تار کے دو ارتعاش تکمیل پاتے ہیں تو

۲ ل = ۲ لہ

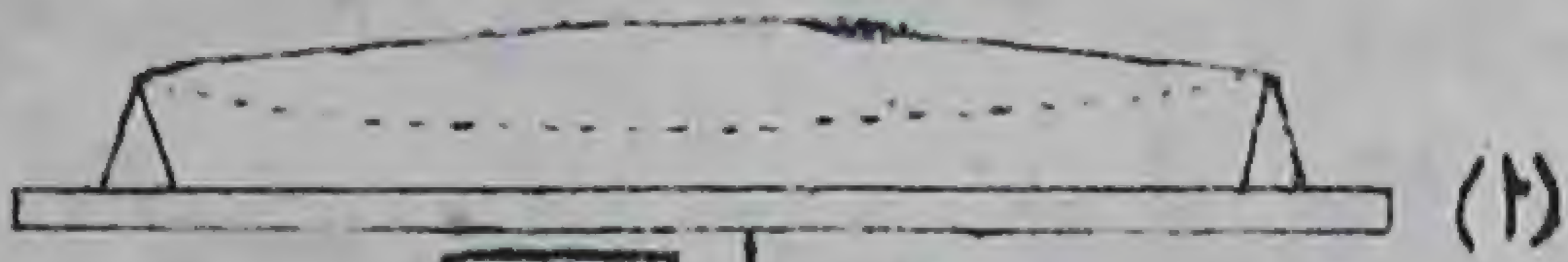
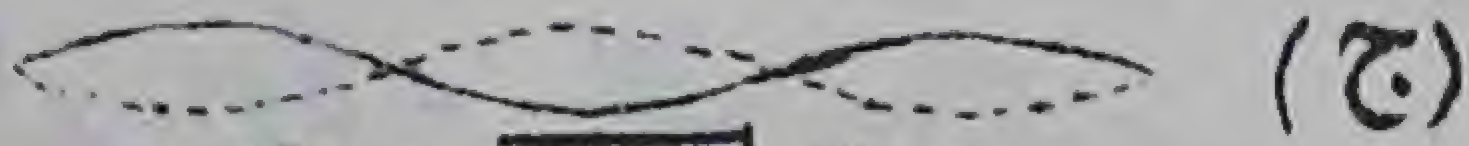
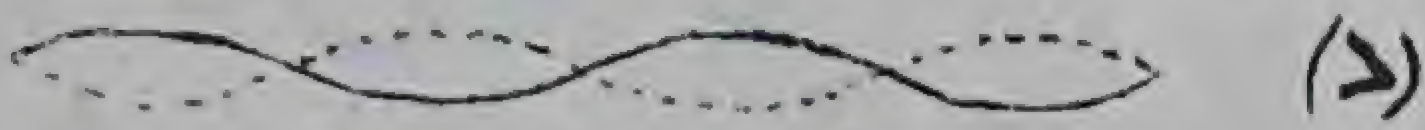
اور ع = (۱/ل) √(تت/ک)

(ا)
$$ع = \frac{۱}{۲ل}\sqrt{\frac{ت}{ک}}$$

(ب)
$$ع = \frac{۱}{ل}\sqrt{\frac{ت}{ک}} = ۲ع.$$

(ج)
$$ع = \frac{۳}{۲ل}\sqrt{\frac{ت}{ک}} = ۳ع.$$

(د)
$$ع = \frac{۲}{ل}\sqrt{\frac{ت}{ک}} = ۴ع.$$

(ه)
$$ع = \frac{۵}{۲ل}\sqrt{\frac{ت}{ک}} = ۵ع.$$

شکل (۷۰)

تنے ہوئے تار کے ارتعاش کی مختلف صورتیں۔

اسی طرح مساوات کی یہ صورتیں بھی ممکن ہیں:

$$ع = \frac{۳}{۲ل}\sqrt{\frac{ت}{ک}}$$ وغیرہ

پس واضح ہے کہ ایک ہی تار کے عرضی ارتعاش کے کئی تعدّد ممکن ہیں۔ اور ان تعدّدوں کو آپس میں طبعی اعداد

۱ : ۲ : ۳ : ۴ : وغیرہ کی مناسبت ہے۔

یہی نتیجہ زیادہ آسانی کے ساتھ اِس طرح اَخذ کیا جا سکتا ہے: تار کے جکڑے ہوئے سروں پر

عقدے ہونا ضرور ہے۔ پس تار جب سادہ ترین قسم کا ارتعاش کرتا ہے تو اُس کے دونوں سروں پر ایک ایک عقدہ ہوتا ہے اور بیچ میں ایک ضدِّ عقدہ جیساکہ شکل ۷۰ (الف) میں بتایا گیا ہے۔ ایسی صورت میں تار کا طول نصف طولِ موج کے مساوی ہوتا ہے۔ یعنے

$$\text{ل} = \frac{\text{لہ}}{۲} \quad \text{اور} \quad \text{ع} = \frac{1}{۲\text{ل}}\sqrt{\frac{\text{ت}}{\text{ک}}}$$

یہ تار کے سب سے کم تعدّد کا ارتعاش ہے۔ اور ع. تار کے بنیادی سُر کا تعدّد ہے۔

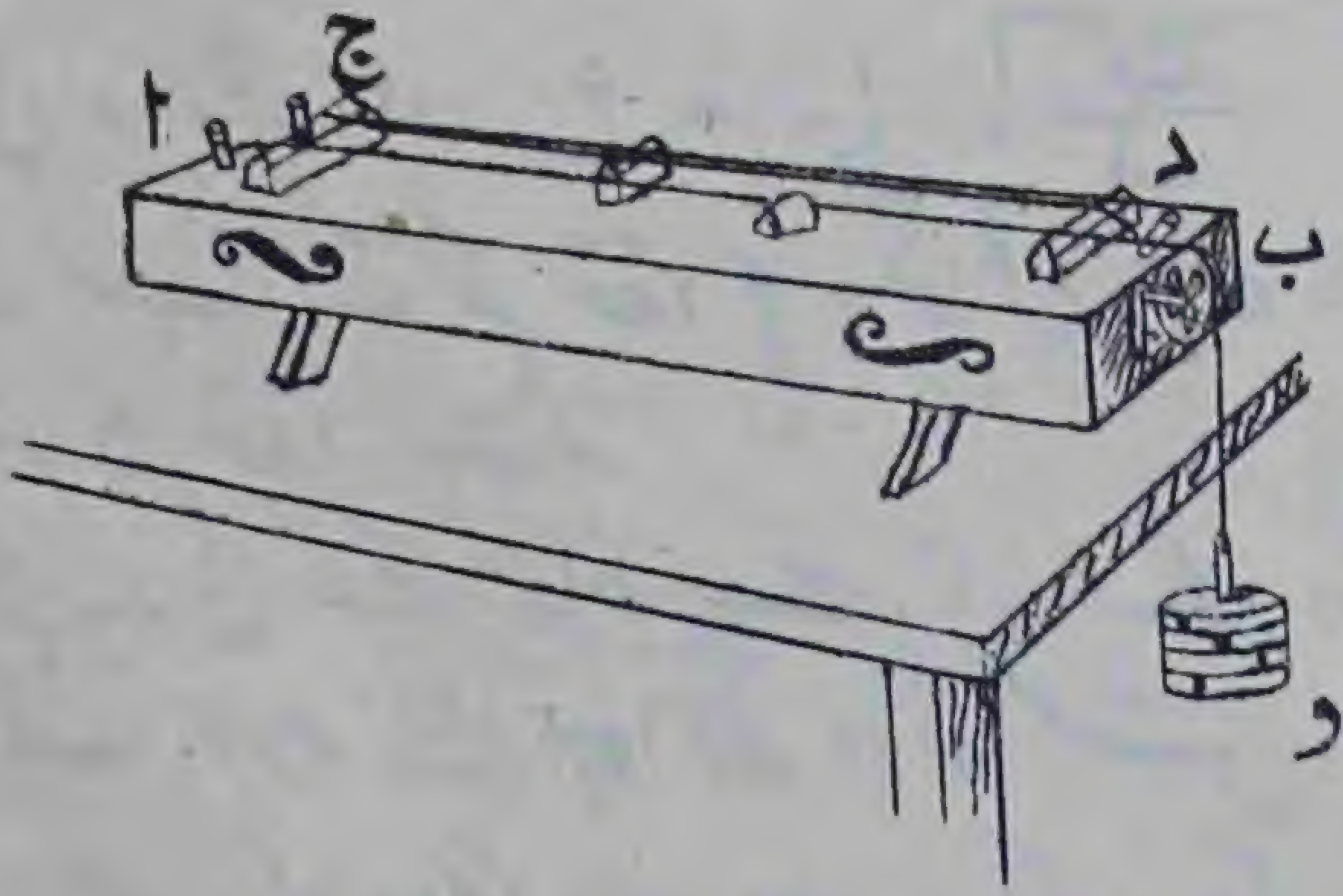
پیچیدگی کے لحاظ سے تار کے پہلے ارتعاش سے ایک درجہ بڑا ہوا جو ارتعاش ہوتا ہے اُس میں تار کے دونوں سروں پر ایک ایک عقدہ اور بیچ میں بھی ایک عقدہ ہوتا ہے (دیکھو شکل ۷۰ ب)۔ اِس صورت میں

$$\text{ل} = \text{لہ} \quad \text{اور} \quad \text{ع}_1 = \frac{1}{\text{ل}}\sqrt{\frac{\text{ت}}{\text{ک}}} = ۲\text{ع}.$$

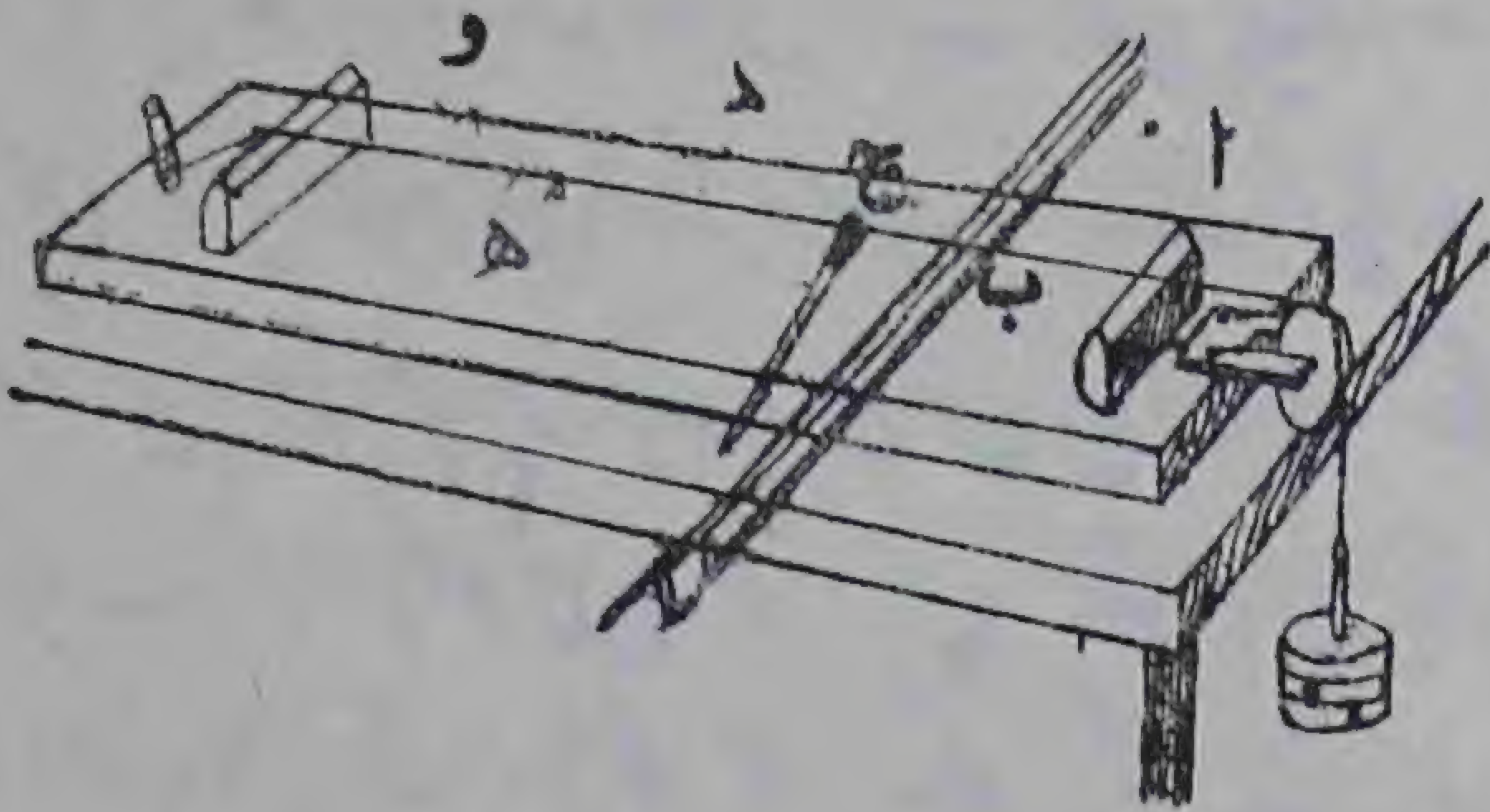
یہ **سُر** پہلی اوورٹون یا ہارمونک (پہلی مضاعف سُرتی) کہلاتی ہے۔ اسی طرح اشکال (ج)، (د) وغیرہ میں تعدّد بالترتیب ۳ ع.، ۴ ع.، وغیرہ ہوتے ہیں۔ اکثر ۱۰ ع. تک اونچے تعدّد کی اوورٹونیں (مضاعف سُرتیاں) بھی پہچانی جاسکتی ہیں۔

اکتارا یا صوت پیما۔ تاروں کے ارتعاش کی

کیفیت اکثر ایک آلہ کے ذریعہ معلوم کی جاتی ہے جو اکتارا یا صوت پیما کہلاتا ہے۔ ایک تختہ پر ایک تار کو تان دیتے ہیں۔ تار کا ایک سرا (ا) (شکل ۱۷) ایک کنجی سے باندہ دیا جاتا ہے۔ دوسرا سرا (ب) ایک

شکل (۱۷)

اکتارا یا صوت پیما

چرخی پر سے ہوکر ایک حلقہ پر ختم ہوتا ہے جس سے معلوم وزن (د) لٹکا کر تار میں تناؤ پیدا کیا جاتا ہے۔ ج اور د کے پاس دو "گھوڑیاں" تختہ پر جما دی گئی ہیں۔ ان کے علاوہ اور گھوڑیاں بھی ہیں جو تختہ پر ایک جگہ سے دوسری جگہ منتقل ہو سکتی ہیں۔ بعض اوقات ایک دوسرا تار بھی تختہ پر، کنجیوں سے باندھ کر، تانا جاتا ہے اگر تار کو کسی مقام پر کمان سے رگڑیں یا انگلی سے چھیڑیں، تو تار اس طور پر ارتعاش کرے گا کہ مقام مذکور

پر عقدہ نہ ہوگا پس اگر تار کو بیچ میں کمان سے رگڑیں تو ۲ع، ۴ع وغیرہ تعدّدوں کے سُر پیدا نہ ہوسکینگے اور اساسی (یا بنیادی) سُر سب سے زیادہ بلند ہوگا۔ اگر تار کو کسی مقام پر ایک برش یا کاغذ کے ٹکڑے سے خفیف سا چھوئیں تو اُس مقام پر ضرور عقدہ بنے گا۔ احتیاط کے ساتھ تار کے رگڑنے اور روکنے کے مقام انتخاب کرنے سے (شکل ۷۰) کے ارتعاشوں میں سے کسی قسم کے ارتعاش بھی عمل میں آسکتے ہیں اور اُن کے سُروں کے امتداد کا امتیاز ہوسکتا ہے۔ معہذا تار کے ان مختلف اقسام کے ارتعاش، اس پر ہلکے کاغذ کے راکب یا حلقے چڑھا کر دیکھہ بھی سکتے ہیں۔ جہاں جہاں ضدّ عقدہ ہوگا وہاں کے راکب اڑ جائینگے (یا حلقے تندی کے ساتھ حرکت کریں گے) لیکن عقدوں پر کے راکبوں کو سکون ہوگا۔ شکل (۷۲) میں تار نقطہ ج کے پاس بُرش سے 'روکا' گیا ہے جو ا سے، بقدر تار کے طول کے $\frac{1}{3}$ حصّہ کے، دور واقع ہے۔ اور تار ا اور ج کے بیچ میں کمان سے رگڑا جاتا ہے پس اُس کے ارتعاش کی صورت شکل ۷۰ (ج) کے مشابہ ہے۔ د اور و پر کے راکب ارتعاش سے اڑ جاتے ہیں اور ہ پر کا راکب برقرار رہتا ہے۔

شکل (۴۷)
تار کے ارتعاش کی پہچان

تجربہ ۴۔ یہ ثابت کرنے کے لیئے کہ تنے ہوئے تار کا تعدّد اُس کے طول کی عکسی نسبت سے بدلتا ہے۔ معلوم تعدّد کے چند دو شاخے لو۔ اکتارے کی غیر قائم گھوڑی کو تار کے نیچے حسب ضرورت ہٹا کر ایسا طول (ل) دریافت کرو جو (ع) تعدّد ارتعاش والے دو شاخے کے ساتھ ہم سُر ہو۔ پھر اِس طول کو احتیاط کے ساتھ ناپو۔ یہی عمل دوسرے دو شاخوں کے ساتھ کرو۔ تار سے جو وزن لٹکایا گیا ہو اُس کو مستقل رکھو تا کہ تناؤ میں تبدیلی نہ ہونے پائے۔

نتائج اِس تفصیل سے لکھو:-

سُر کے دو شاخے کا تعدد-	تار کا طول	ع × ل

آخری خانہ میں حاصلِ ضرب تعدّد × طول لکھو- اگر تجربہ صحیح طور پر کیا جائے تو یہ حاصلِ ضرب مستقل ہوگا- جس سے ثابت ہوتا ہے کہ تعدّد تار کے طول کی عکسی نسبت سے بدلتا ہے۔

تجربہ (۵)- یہ ثابت کرنے کے لئے کہ تار کا تعدّد اُس کے تناؤ کے جذر المربع کی راست نسبت سے بدلتا ہے۔

صوت پیما کے قائم تار کے نیچے ایک گھوڑی رکھو تاکہ تار کا ایک قطعہ مرتعش کرنے سے مناسب امتداد کا ایک سُر پیدا ہو- دوسرے تار کو ایک معلوم وزن کے ذریعہ تان کر اس کے نیچے کی غیر قائم گھوڑی کو حسبِ ضرورت آگے پیچھے ہٹا کر تار کا

ایک ایسا طول دریافت کرو جو پہلے تار کے ساتھ ہم سُر ہو۔ پھر یہ طول (ل) ناپ لو۔ اس کے بعد تناؤ کی قوت (ت) کو بدلدو اور تار کے طول کو اُس کی مناسبت سے ترتیب دے کر پہلا سُر قائم رکھو۔ یہی عمل کئی مرتبہ دوہراؤ اور نتائج اس طرح لکھو:۔

تناؤ کی قوت	تار کا طول	$\frac{ل}{\sqrt{ت}}$

آخری خانہ میں $\frac{ل}{\sqrt{ت}}$ کی قیمت مستقل رہیگی۔ پس اس سے یہ نتیجہ نکلتا ہے کہ جب تار کا تعدد مستقل ہوتا ہے تو اس کا طول $\sqrt{ت}$ کی راست نسبت سے بدلتا ہے۔ لیکن مستقل (ت) کی صورت میں تعدد طول (ل) کی عکسی نسبت سے بدلتا ہے۔ اسلئے اگر تار کا طول ایک ہی رکھا جائے تو تعدد $\sqrt{ت}$ کی راست نسبت سے بدلیگا۔

تجربہ (۶) یہ ثابت کرنے کے لئے کہ تعدد، تار کی کمیت فی اکائی طول کے جذرالمربع

کی عکسی نسبت سے بدلتا ہے۔ آخری تجربہ کی طرح عمل کرو لیکن بجائے وزن بدلنے کے تار کو بدلکر دوسرے مادّے یا قطر کا تار استعمال کرو۔ ایسے کئی مختلف اقسام کے تاروں کے ساتھ تجربہ کرو۔ اور جس جس تار پر تجربہ کیا جائے اُس کا ایک ایک مناسب ٹکڑا کاٹکر کمیّت (ک) فی اِکائی طول دریافت کر لو۔ نتائج یوں ترتیب دو:۔

کمیّت فی اکائی طول (ک)	تار کا طول (ل)	ل √ک

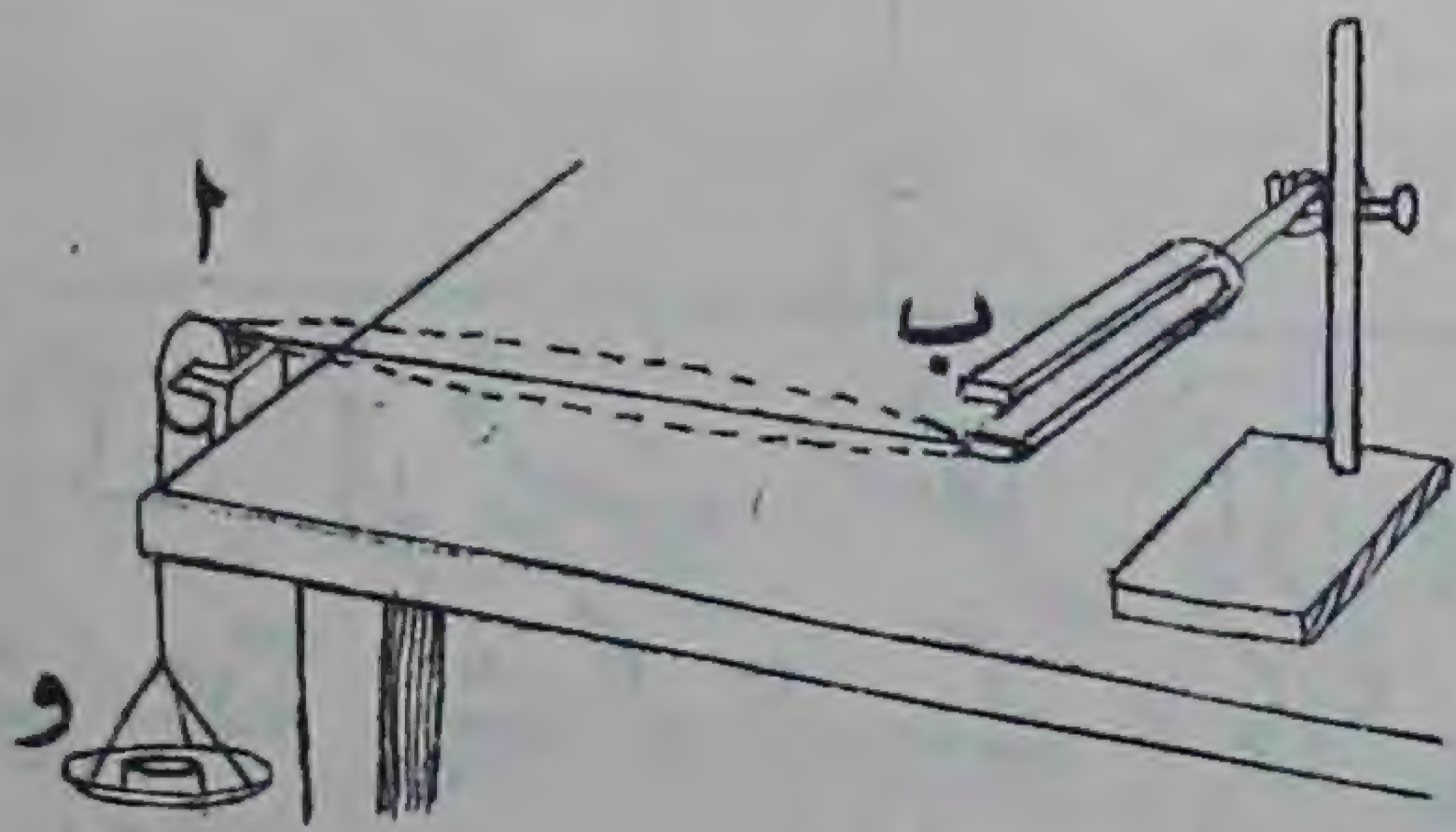
ل √ک کی قیمت مستقل پائی جائیگی۔ جس سے یہ ثابت ہوتا ہے کہ تار کے ارتعاش کا تعدّد √ک کی عکسی نسبت سے بدلتا ہے۔

تجربہ (۷) کسی سُر کے دو شاخہ کا مطلق تعدّد۔ دو شاخہ کے ساتھ ہم سُر ہونے کے لئے تار کا کیا طول ہوگا آزمالو۔ پھر اِس طول (ل) کو ناپ لو۔ تار کا تناؤ ڈائینوں میں شمار کرو اور اس سے پہلے تجربہ کی طرح تار کے ایک ٹکڑے کو تول کر اسکی کمیت

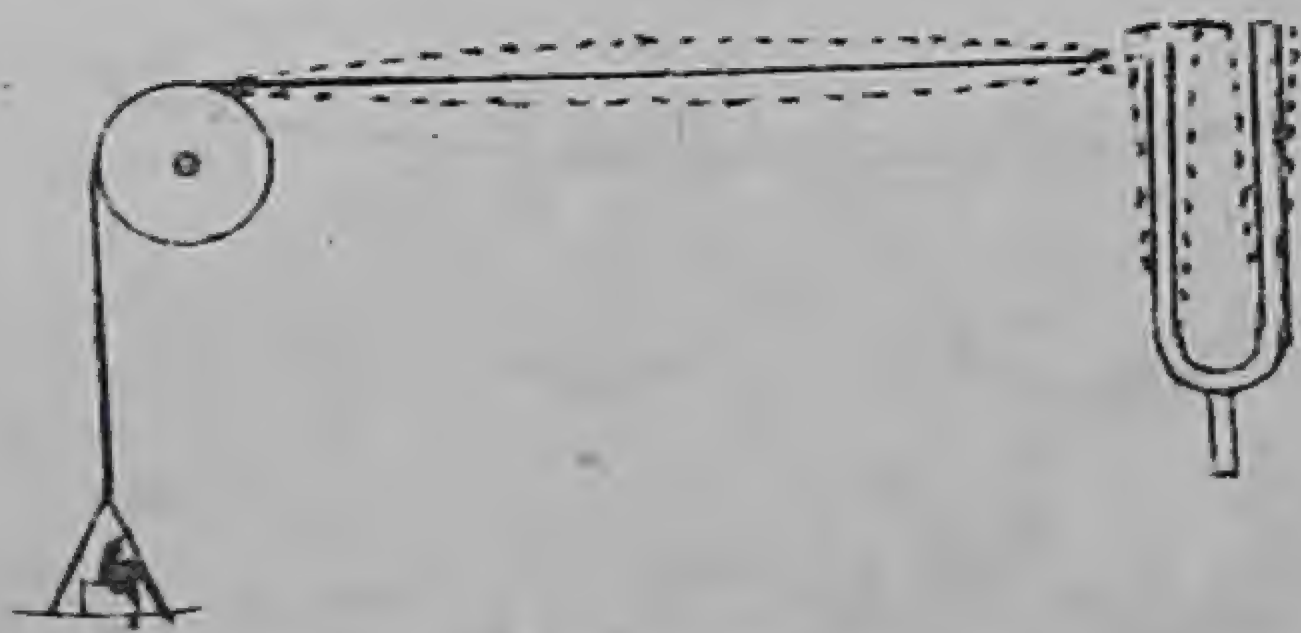
فی اِکائی طول معلوم کرو۔ مندرجۂ ذیل کلیّہ سے دوشاخہ کا تعدّد ارتعاش شمار ہوجائیگا:۔

$$ع = \frac{۱}{۲ل}\sqrt{\frac{ت}{ک}}$$

میلڈے کا تجربہ۔ ایک تنا ہوا تار کسی دوشاخہ کے ذریعہ مرتعش کیا جا سکتا ہے، بشرطیکہ تار کا طبعی تعدّد دوشاخہ کے تعدّد کے مساوی ہو۔

تار ا ب کو دوشاخہ (ب) کی ایک شاخ سے، کسی موٹے دہاگے یا باریک ڈورے کے ذریعہ باندھ دو۔ (شکل ۷۳)۔ دہاگے یا ڈورے کے دوسرے سرے کو ایک چرخی پر سے لیجا کر ایک وزن (و) لٹکاؤ۔ تار اور چرخی کے درمیان تار کا جو طول ہوگا اس کو حسب ضرورت گھٹانے بڑھانے سے ایک ایسا طول دستیاب ہوگا جو دوشاخہ کے ساتھ گمک دیگا۔ تار کی لمبائی دوچند کردینے سے، یا وزن (و) کو مناسب مقدار

(شکل ۷۳)

میلڈے کا تجربہ (پہلی ترتیب)

میں تبدیل کرنے سے تار شکل ۷۰ (ب) کی طرح ارتعاش کرسکیگا۔ مناسب تغیرات سے تار کو جتنے قطعوں (یا حلقوں) میں ارتعاش کرانا مقصود ہو کرایا جا سکتا ہے۔ لیکن ہر صورت میں تار کا تعدد دو شاخہ کے تعدد کے مساوی ہوگا۔ شکل (۷۳) میں تار کے ارتعاش کی وضع دو شاخہ کے ارتعاش کے لحاظ سے 'عرضی' ہے۔ تار کو دو شاخہ کے ارتعاش کے لحاظ سے 'طولی' وضع میں بھی مرتعش کیا جا سکتا ہے جیسا کہ شکل (۷۴) میں بتایا گیا ہے۔ اِس صورت میں دو شاخہ تار کے سِرے کو 'تار ہی کی سیدھ میں 'ترتیب وار' مخالف سمتوں میں کھینچکر' ارتعاش پیدا کرتا ہے۔ چونکہ

(شکل ۷۴)

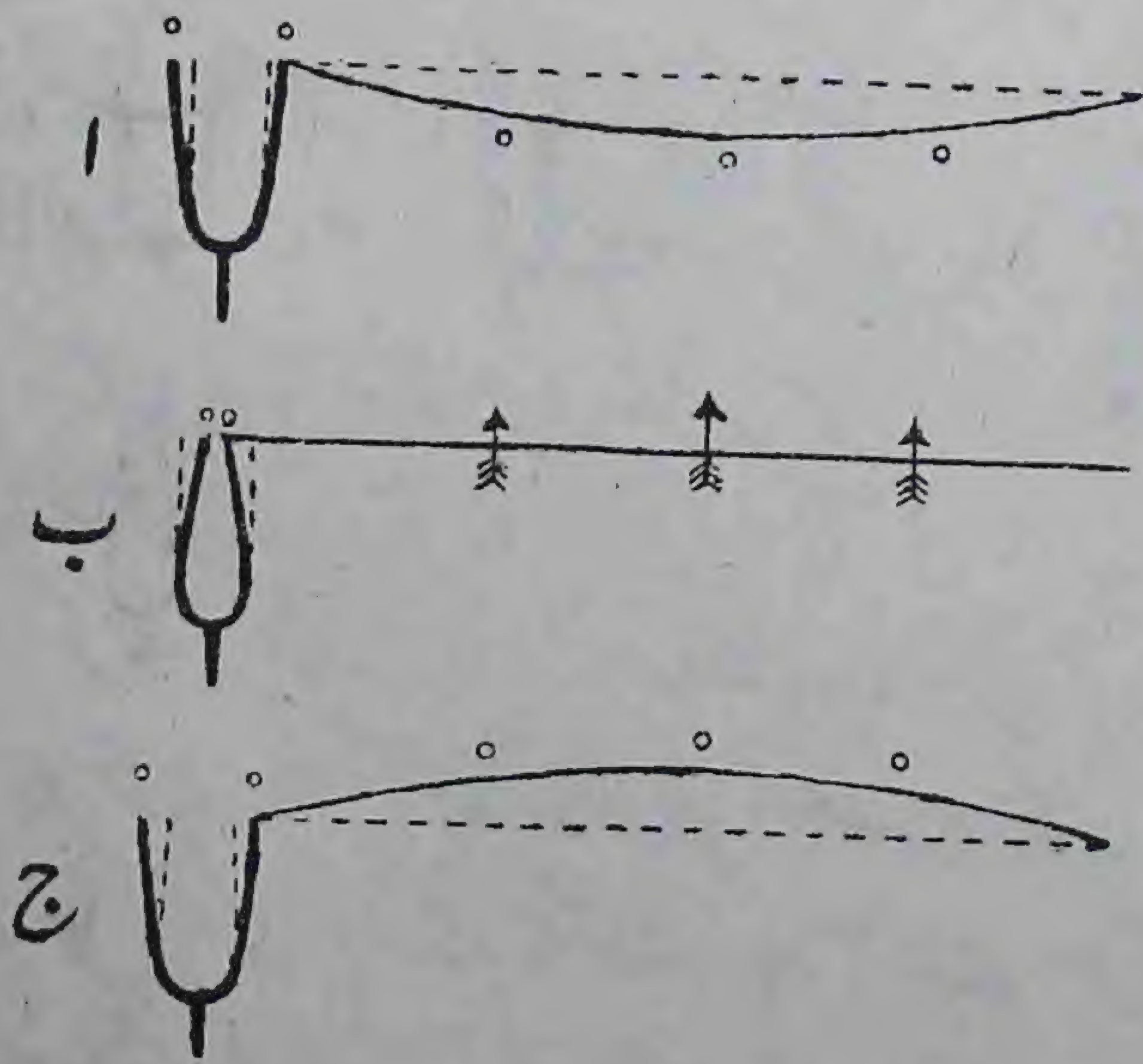
میلڈے کا تجربہ (دوسری ترتیب)

تار کھینچ جاکر اُسی وقت چُست ہوتا ہے جبکہ شاخ تار کے سِرے کو جمرخی سے بعید ترین مقام پر پہنچاتی ہے اِس لئے دو شاخے کے دو ارتعاش ہوتے ہیں تو تار کا صرف ایک ارتعاش تکمیل پاتا ہے۔

[تنبیہ منجانب مترجم۔ ڈنکن اور سٹارلنگ نے میلڈے کے تجربہ کی دوسری ترتیب کے متعلق کافی صراحت سے نہیں لکھا ہے۔ پروفیسر بارٹن نے اِس مسئلہ کو اپنی کتاب میں آسان طریقہ سے سمجھایا ہے یہاں ہم اُس کو مختصر طور پر بیان کر دیتے ہیں :-
شکل (۷) میں دو شاخہ کا ارتعاش کاغذ کے مستوی میں بتایا گیا ہے تار یا دھاگا بھی اسی مستوی میں مرتعش ہے۔ فرض کرو، شکل ۷ (۲) کی طرح، دو شاخہ اسوقت ارتعاش کی اُس وضع میں ہے جبکہ اُس کی شاخیں ایک دوسرے سے جسقدر دُور ہٹنا ممکن ہے

ا

ب

ج

شکل (۷)
میلڈے کا تجربہ - طولی وضع میں ارتعاش

ہٹی ہوئی ہیں۔ دھاگا بھی اُس وقت اپنے مقام
تعادل سے بعید ترین مقام پر (نیچے کی طرف) ہٹا
ہوا ہے۔ دو شاخے اور دھاگے دونوں کی رفتار اس
وضع میں صفر ہے۔ اِس بات کا اظہار شکل میں
دو شاخے اور دھاگے کے قریب چھوٹے دائرے کھینچکر
کیا گیا ہے۔ جب دو شاخہ ارتعاش کرتا ہوا ایسی
وضع میں پہنچتا ہے کہ اُس کی شاخیں ایک دوسرے
سے جس قدر قریب آنا ممکن ہے آجاتی ہیں تو شاخوں
کی حرکت پھر صفر ہو جاتی ہے لیکن دھاگے کی رفتار
چونکہ وہ اِس وقت اپنی وضع تعادل میں ہوتا ہے،
اوپر کی طرف ہوتی ہے (شکل ب میں اِس کا اظہار
تیروں کے ذریعہ کیا گیا ہے)۔ اِس لئے جب
دو شاخے کی شاخیں مکرر دُور ہٹ جاتی ہیں یعنے
دو شاخہ کا ایک ارتعاش مکمل ہوتا ہے تو دھاگا اوپر
کی طرف حرکت کرتا ہوا شکل ج کی وضع اختیار کرلیتا
ہے۔ اب دو شاخے اور دھاگے دونوں کی رفتار صفر
ہے۔ دو شاخہ کا ایک ارتعاش پورا ہوچکا ہے لیکن
دھاگے کا ارتعاش آدھا تکمیل پایا ہے اور وہ اپنے
مقام تعادل سے بعید ترین مقام پر اوپر کی طرف
ہٹا ہوا ہے اس کے بعد جب دو شاخہ کی
وضع شکل ب کی سی ہوتی ہے تو دھاگا بھی سیدھا

ہوجاتا ہے لیکن اِس وقت اُس کی رفتار نیچے کی طرف ہوگی۔ اور جب دو شاخہ کامل دو ارتعاش کے بعد شکل ۱ کی وضع میں عود کرتا ہے تو دھاگا بھی اُسی شکل کی وضع میں لوٹ کر آتا ہے۔ بعد میں یہی حالتیں ترتیب وار دوہرائی جاتی ہیں۔ پس اس سے واضح ہے کہ جس مدّت میں دو شاخہ دو بار ارتعاش کرتا ہے دھاگا ایک ہی مرتبہ ارتعاش کرتا ہے۔ یعنے دھاگے کا تعدّدِ ارتعاش اِس تجربہ میں دو شاخے کے تعدّد کا آدھا ہے۔

* طالب علم نے غالباً یہ بھی پہچان لیا ہوگا کہ جس طرح صَوت پیما کا تار ایک سے زائد "حلقوں" میں تقسیم ہوکر ارتعاش کرسکتا ہے میلڈے کے تجربوں میں بھی دھاگے کا تناؤ تبدیل کرنے سے دھاگا مختلف "حلقوں" میں تقسیم ہوکر حرکت کرسکتا ہے۔

اگر دھاگے کا طول (ل) سم فرض کیا جائے، تناؤ (ت) ڈائین، دو شاخہ کا تعدّدِ ارتعاش (ع) دھاگے کی کمیت فی اِکائی طول یعنے فی سنتی میتر (ک) گرام، اور ارتعاش کی حالت میں اُس کے حلقوں کی تعداد (ح) تو

$$\frac{۲ل}{ح} = ل \text{ یعنے طول موج جو دھاگے پر سے گزرتی ہے} = \frac{ر}{ع}$$

(س سے یہاں دھاگے پر سے گزرنے والی موج کی رفتار مراد ہے)

پس ع = ح/۲ل س = ح/۲ل √(ت/ک)

اِس ضابطہ سے ع، ت، ک، ح اور ل کا باہمی تعلق معلوم ہو جاتا ہے۔ مزید صراحت کے لئے ایک تجربہ قلمبند کیا جاتا ہے جو حال میں طلباء کے سامنے کیا گیا تھا۔

دھاگے کی کمیّت فی سم = ۰٫۰۰۲۹ گرام

دھاگے کا طول = ۹۸٫۹ سم

جب دھاگے کا ارتعاش دو شاخہ کے ارتعاش کی وضع کے لحاظ سے 'عرضی' تھا اور دھاگے سے ۵۷ گرام کا وزن لٹکایا گیا تھا، ک کی قیمت ۵۷ × ۹۷۸٫۴ ڈائنس تھی (واضح ہو کہ حیدرآباد میں جاذبۂ ارض ۹۷۸٫۴ سم فی ثانیہ فی ثانیہ یعنی چاہئے) دھاگا ۴ حلقوں میں تقسیم ہو کر مرتعش ہوا۔ اور جب دھاگے سے ۲۲۸ یعنی ۴ × ۵۷ گرام لٹکائے گئے تھے اور دو شاخہ وہی رکھا گیا جو پہلے تھا تو ابکے ارتعاش میں دھاگے کی تقسیم ۲ حلقوں میں ہوئی۔ جس سے ظاہر ہے کہ تعدد (ع) کو مستقل رکھتے ہیں تو دھاگے کے مجوزہ طول کے حلقوں کی

$$\text{تعداد (ح)} \propto \frac{1}{\sqrt{\text{ک}}}$$

جب دھاگے کا ارتعاش دو شاخہ کے ارتعاش کی وضع کے لحاظ سے 'طولی' تھا تو ۵۷ گرام کا وزن لٹکانے سے دھاگا دو حلقوں میں تقسیم ہوکر ارتعاش کرنے لگا اور ۴ × ۵۷ گرام لٹکانے سے ایک ہی حلقہ پیدا ہوا۔

اوپر جو اعداد دیئے گئے ہیں ان کو مساوات

$$\text{ع} = \frac{\text{ح}}{2\,\text{ل}}\sqrt{\frac{\text{ت}}{\text{ک}}}$$

میں لکھنے سے ع کی قیمت ۱۴۹،۴ ارتعاش فی ثانیہ نکل آتی ہے۔)

سلاخوں کا عرضی ارتعاش۔ جب کسی سلاخ میں خم آتا ہے تو اس کی وجہ سے قوّتوں کے جُفت پیدا ہوتے ہیں جو سلاخ کو اُس کی اصلی شکل پر واپس لانے کے متقاضی ہوتے ہیں اِس لئے سلاخ سے عرضی ارتعاش ہوسکتا ہے۔ لیکن اِس ارتعاش کی وضع اور اُس کے وقتِ دوران کا شمار مشکل ہے۔ سلاخ مختلف طرح سے ارتعاش کرسکتی ہے۔ ارتعاش کی نوعیت اس پر موقوف ہے کہ آیا سلاخ جکڑی

نہیں گئی ہے، یا دونوں سروں پر جکڑی گئی ہے۔
آخری صورت سب سے زیادہ اہمیّت رکھتی ہے
اِس لئے کہ ایک سرا جکڑی ہوئی سلاخیں (یا پتیاں)
ارگن نلیوں اور موسیقی باجوں میں استعمال ہوتی
ہیں۔اور سُر پیدا کرنے کا دو شاخہ بھی اُسی فہرست میں
شامل کیا جا سکتا ہے کیونکہ اُس کی وہی صورت
ہے جو ایسی دو سلاخوں کو ان کے قاعدوں کے پاس
ملا دینے سے پیدا ہوتی ہے۔

اگر ایک پتلی سلاخ کو مثلاً گھڑیال کی کمانی کو
(سیدھا کرکے) ایک سرا جکڑ دیں تو اس کے
ارتعاش کی کئی صورتیں ہو سکتی ہیں:-وہ ایک ہی
قطعہ میں (شکل ۷۵ اَ کی طرح) ارتعاش کر سکتی ہے،
یا دو قطعوں میں، (شکل بَ کی طرح)، نقطہ ۲ کے
پاس عقدہ بن کر۔ ایسی صورت میں تعدّدِ ارتعاش
بہ نسبت پہلے کے $6\frac{1}{4}$ گنا ہو جاتا ہے۔ اور عقدہ
۲ کمانی کے آزاد سرے سے اُس کے طول کے
پانچویں حصّہ کے برابر فاصلہ پر واقع ہوتا ہے۔
سلاخ شکل (جَ) کی طرح بھی ارتعاش کر سکتی ہے۔
اِس حالت میں اُس کا تعدّد شکل (اَ) والے ارتعاش
کے تعدّد کا $17\frac{1}{2}$ گُنا ہوتا ہے۔ جس سے ظاہر
ہے کہ ایسی سلاخوں کے ارتعاشوں میں اوورٹونوں

(مضاعف سُرتیوں) کے امتدادوں اور بنیادی سُر کے امتداد میں کوئی سادہ تعلق نہیں ہے۔ سُر پیدا کرنے کا معمولی دو شاخہ جب ارتعاش کرتا ہے تو اُسکی پہلی اوورٹون (مضاعف سُرتی) اس قدر نحیف اور ایسے اونچے امتداد کی ھوتی ہے کہ دو شاخہ سے قریب قریب خالص سُرتی ہی برآمد ہوتی ہے۔ حقیقت میں یہی ایک سُر ہے جس میں ارتعاش بہ نسبت اور سُروں کے قریب تریں خالص سادہ موسیقی پایا جاتا ہے۔

چونکہ دو شاخے کی شاخیں ارتعاش کے قریب جھک کر قوس کی شکل اختیار کرتی ہیں دونوں۔ شاخوں کی کمیت کے مرکز ارتعاش کی حالت میں خفیف سا اونچا نیچا ہوتے ہیں اِس سے دوشاخے کی ڈنڈی پر موسیقی

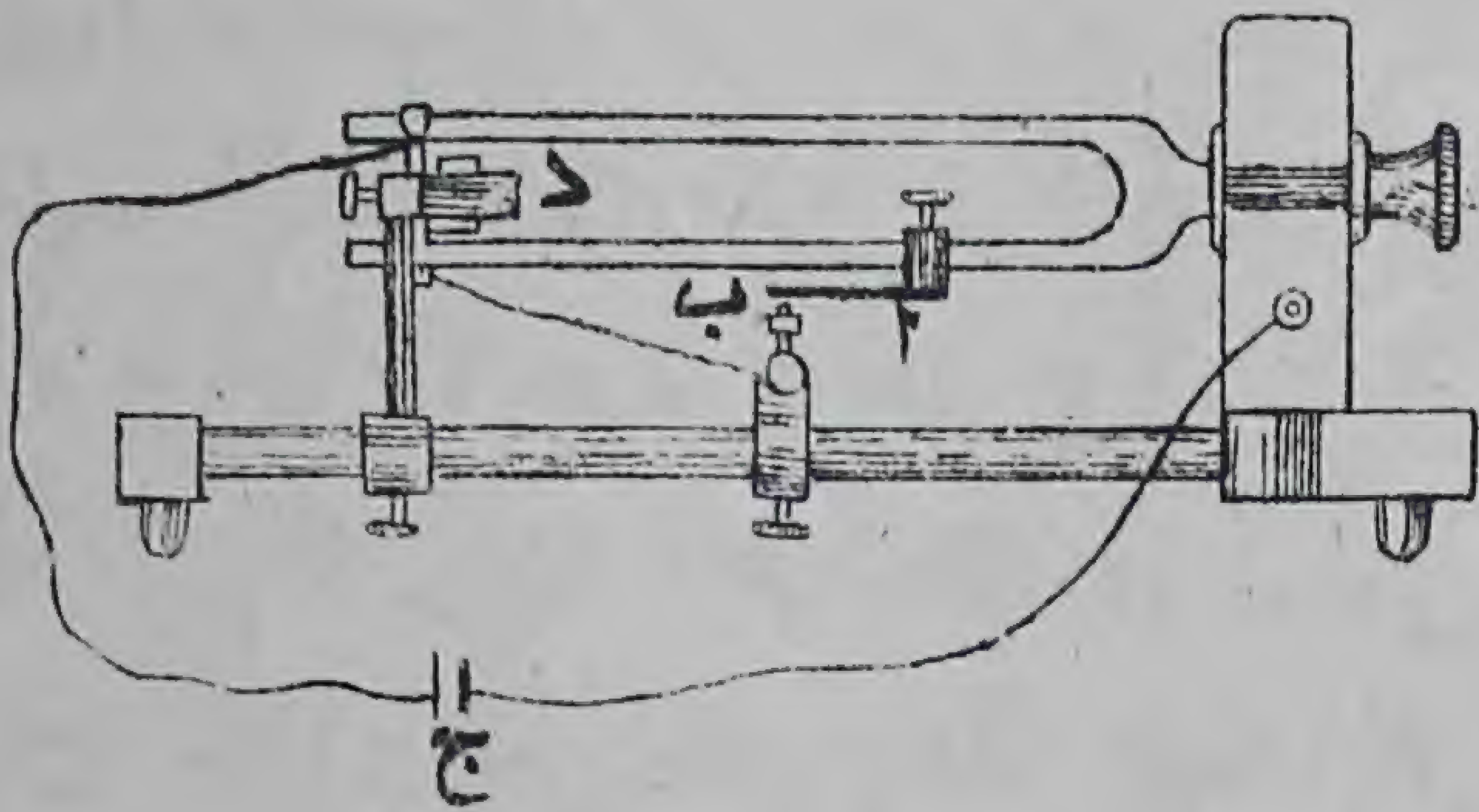
ج
ب
ا
(ج) (ب) (ا)

(شکل (۷۵)
کمانی کا عرضی ارتعاش

قوّت عامل ہوتی ہے اور اگر ڈنڈی کسی میز یا تختہ سے

لگی ہوئی ہو تو اِس موسیقی قوّت کے عمل سے ان میں ارتعاش پیدا ہوتا ہے۔

سُر پیدا کرنے کے دو شاخے کا تعدّد ٹھیک کرنے کے لئے اُس کو مناسب جگھوں پر ذرا سا ریت دیتے ہیں۔ اگر امتداد اونچا کرنا مقصود ہو تو اُس کی شاخوں کے سروں کے قریب ریت دیا جاتا ہے۔ اِس سے شاخوں کے جمود کا معیارِ اثر گھٹ جاتا ہے لیکن انکی 'سختی' برقرار رہتی ہے۔ امتداد گھٹانا ہوتا ہے تو قاعدہ کے پاس، جہاں شاخیں ملتی ہیں، ریتا جاتا ہے۔ اِس سے اُس کی لچک سے متعلق 'سختی' میں کمی پیدا ہوتی ہے، مگر جمود کے معیارِ اثر پر اس کا کچھ اثر نہیں پڑتا۔

سُر پیدا کرنے کے دو شاخے کی تپش جب بڑھتی ہے تو اُس کا حجم بڑھ جاتا ہے اور اُس کی لچک گھٹ جاتی ہے۔ جس فولاد سے دو شاخے بنائے جاتے ہیں اُس کی خاصیّت کے لحاظ سے آخرالذکر زیادہ اہمیّت رکھتا ہے۔ ایک درجہ مئی تپش کے بڑھنے سے دو شاخہ کے تعدّد میں تقریباً ۰۱ء۰ فی صد کمی پیدا ہوتی ہے۔

شکل (۷۶)

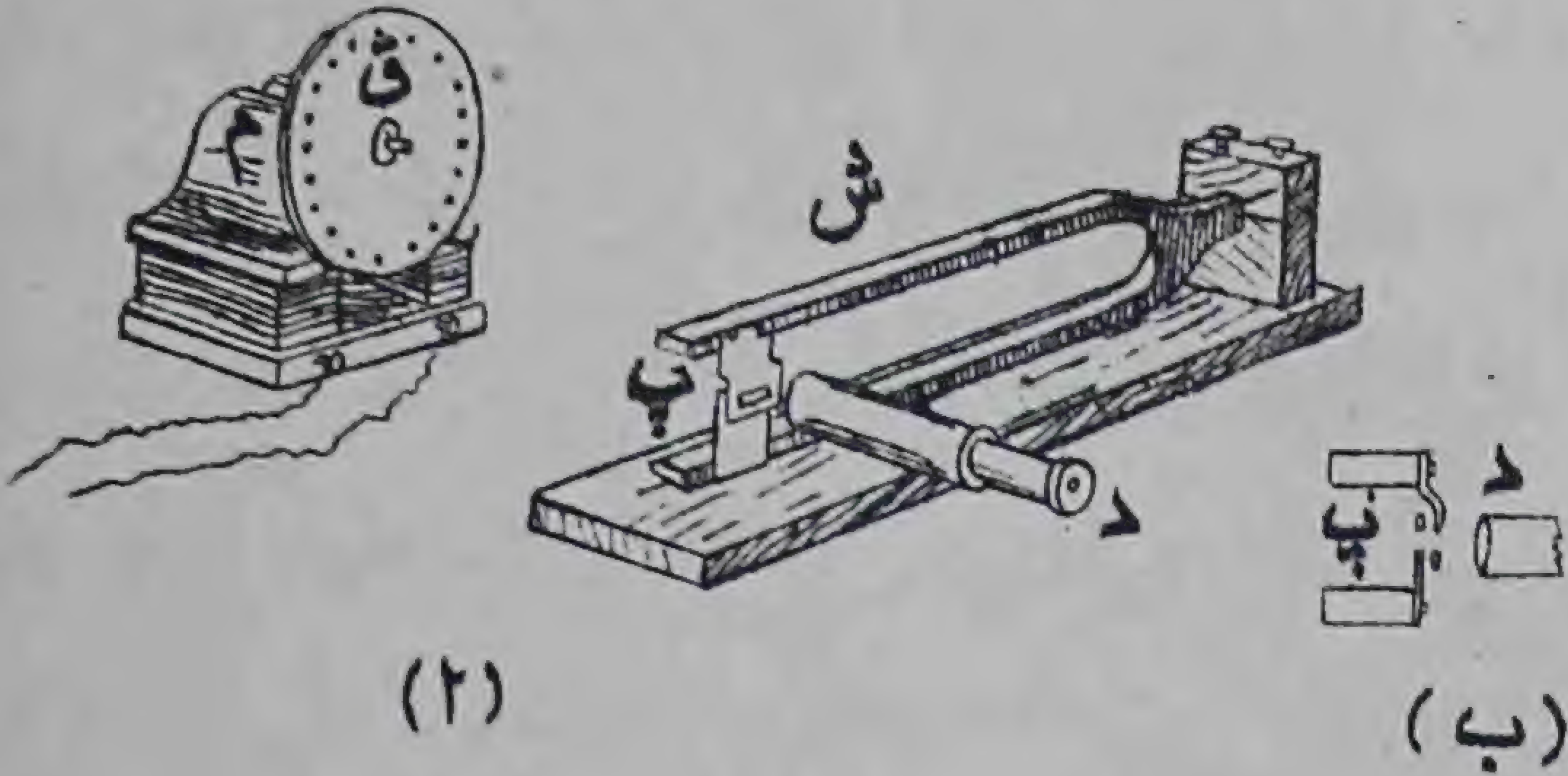
برقی قوت سے چالو دو شاخہ

برقی قوّت سے چالو دو شاخہ - اکثر ضرورت ہوتی ہے کہ سُر پیدا کرنے کا ایک دو شاخہ، بغیر ہتوڑی سے مارنے یا کمان سے گھسنے کے، مسلسل ارتعاش کئے جائے - اِس کے لئے دو شاخہ کو ایک بھاری ٹیکن سے جکڑ دیتے ہیں اور اُس کی ایک شاخ پر ایک چھوٹی فلزّی پتّی (۲) (شکل ۷۶) لگاتے ہیں - پتّی پر پلاطینم کا ایک ٹکڑا جوڑا ہوا ہوتا ہے - (ب) پر بھی ایک ایسا ہی پلاطینم کا ٹکڑا ہوتا ہے جو ۲ کے ٹکڑے کو چھوتا ہے - (ج) ایک ذخیرہ خانہ (اکیومیولیٹر) ٹیکن سے برقی ایصال رکھتا ہے اور چونکہ دو شاخہ خود فلزّی ہوتا ہے (ج) گویا (۲) سے موصل ہے - (ب) کو ایک چھوٹے برقی مقناطیس (د) کے لچھے سے

وصل ہے، جو دو شاخے کی شاخوں کے بیچ میں واقع ہے۔ لچھے کا دوسرا سرا، تار کے ذریعہ، ذخیرہ خانہ کے دوسرے قطب سے ملایا جاتا ہے۔ جب پتّی کو (ب) سے تماس ہوتا ہے تو حلقہ میں برقی رَو دوڑتی ہے اور برقی مقناطیس (د) دو شاخے کی شاخوں کو اپنی طرف ذرا سا کھینچتا ہے، جس سے (ب) کا تماس ٹوٹ جاتا ہے اور رَو رُک جانے سے (د) کی کشش دو شاخہ کی شاخوں پر، موقوف ہو جاتی ہے۔ لیکن جب شاخیں اپنی اصلی وضع کی طرف عود کرتی ہیں تو (ب) کا تماس پھر سے وقوع میں آتا ہے اور پیشتر کی حالتیں دوہرائی جاتی ہیں۔ پس دو شاخے کی شاخوں کو خود اُس کے ارتعاش کی مدت کی مناسبت سے، مساوی وقفوں سے، دھکّے پہنچتے ہیں جو اُن کو ایک دوسرے کی طرف ہٹاتے ہیں۔ اِس وجہ سے دو شاخہ مسلسل ارتعاش کئے جاتا ہے۔ (ب)، ایسے مقام پر ہونا چاہئے کہ تماس دو شاخہ کی مدّتِ ارتعاش کے قلیل حصّہ تک ہی رہے۔

سٹروبوسکوپک (یعنے گردش نمائی) طریقہ سے تعدّد کی تعیین بعض اوقات سٹینڈرڈ دو شاخے کا تعدد سٹروبوسکوپک گردش نمائی طریقہ سے دریافت کیا جاتا ہے۔ اِس طریقہ سے نتیجہ

بہت صِحّت کے ساتھ برآمد ہوتا ہے۔

(۲) (ب)

شکل (۷۷)
گردش نمائی طریقہ سے تعدد کی تعیین

جب ایک منتظم جسم مثلاً پہیّا تاریکی میں گھومتا ہے اور اُس پر مساوی وقفے سے روشنی ڈالی جاتی ہے تو دیکھنے والے کو پہیّا ساکن نظر آتا ہے بشرطیکہ روشنی ایسے وقفے سے پڑے کہ پہیّا اتنی دیر میں دو متصل آروں کا درمیانی زاویہ گھوم جائے۔ جب پہیّے کو مساوی وقفوں سے روشنی میں دیکھتے ہیں تو بھی ایسا ہی دکھائی دیتا ہے۔ شکل ۷۷(۲) میں ایک قرص (ق) بنایا گیا ہے جو برقی موٹر (م) کے ذریعہ گھمایا جاتا ہے۔ قرص پر گول نشانوں کی ایک دائری قطار کھینچی گئی ہے۔ نشانوں کے بیچ میں

فاصلے مساوی ہیں ۔ قرص جب گھومتا ہے تو دوربین (د) میں سے اُس کے نشانوں کو دیکھتے ہیں۔ دوربین اور قرص کے بیچ میں دو شاخہ (ش) جس کا تعدّدِ ارتعاش دریافت کرنا مقصود ہوتا ہے، رکھا جاتا ہے۔ دو شاخے کی شاخوں سے دو ہلکے چھوٹے پردے (پ) جوڑ دیئے جاتے ہیں۔ شکل ۷۷ (ب) میں ان کو قطع کرکے بتایا گیا ہے۔ دونوں پردوں کے بیچ میں ایک ایک درز ہے۔ جب دو شاخہ حالتِ سکون میں ہوتا ہے تو دوربین اور یہ درز قرص کے نشانوں کے ساتھ ایک سیٹ میں واقع ہوتے ہیں۔ دو شاخہ برقی قوّت سے چالو کیا جائے تو مناسب ہوگا۔ شکل ۷۷ میں غیر ضروری پیچیدگی کے خوف سے یہ حیلی ترکیبیں بتائی نہیں گئی ہیں۔

دو شاخے کو مرتعش کرنے سے پَردوں (پ) کے درز ایک کامل ارتعاش میں دو بار ایک دوسرے کے سامنے سے گزرینگے، اور دوربین سے دیکھنے والے کو قرص پر کے نشانوں کی قطار دکھائی دیگی۔ موٹر کی رفتار کو ٹھیک کرنے سے ایک ایسی صورت پیدا ہوسکتی ہے کہ قرص کے نشان غیر متحرک نظر آنے لگتے ہیں اب اُن کی وضع میں فرق اِس لئے نہیں محسوس ہوتا کہ ایک نشان کی جگہ اُس کے

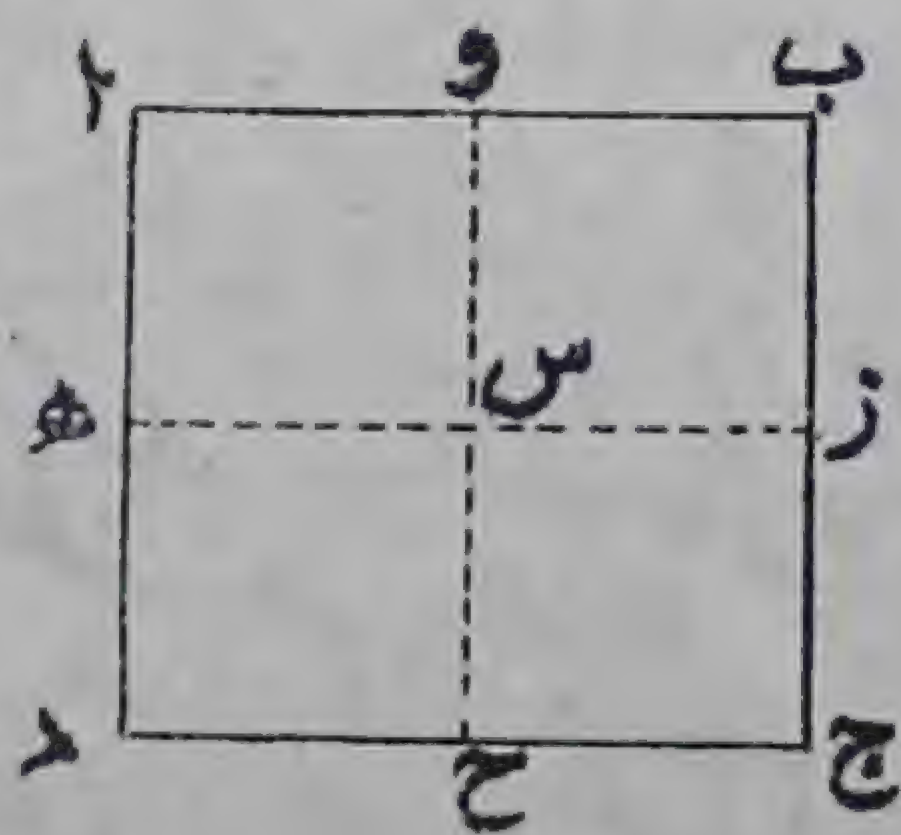
بعد کا نشان ٹھیک اُتنی دیر میں (قرص کے گھومنے سے) آپہنچتا ہے جس میں پردے کے دَرز ایک دوسرے کے مقابل ہوتے رہتے ہیں۔ پس دیکھنے والے کے خط نظر میں ہمیشہ ایک نشان موجود ہوگا۔ اگر موٹر کی رفتار اس سے ذرا کم ہو جائے تو ایک نشان کے مقام پر اُس کے بعد کا نشان ذرا دیر سے پہنچیگا اِس لئے دوربین سے دیکھنے والے کو نشان، قرص کے گھومنے کی سمت کی مخالف سمت میں، آہستہ سے حرکت کرتے ہوئے نظر آئینگے۔ اِسی وجہ سے، اگر موٹر کی رفتار ذرا تیز ہو تو نشان، قرص کے گھومنے کی سمت میں، آہستہ سے حرکت کرتے ہوئے دکھائی دینگے۔ کافی اختیاط سے اگر کام کیا جائے تو قرص پر کے نشان بڑی دیر تک غیر متحرک نظر آسکتے ہیں۔ طالب علم ذرا غور کرے تو معلوم ہوگا کہ قرص کی رفتار پیشتر کی رفتار کے دو چند یا سہ چند کی جائے تو بھی نشان بظاہر غیر متحرّک نظر آئینگے۔

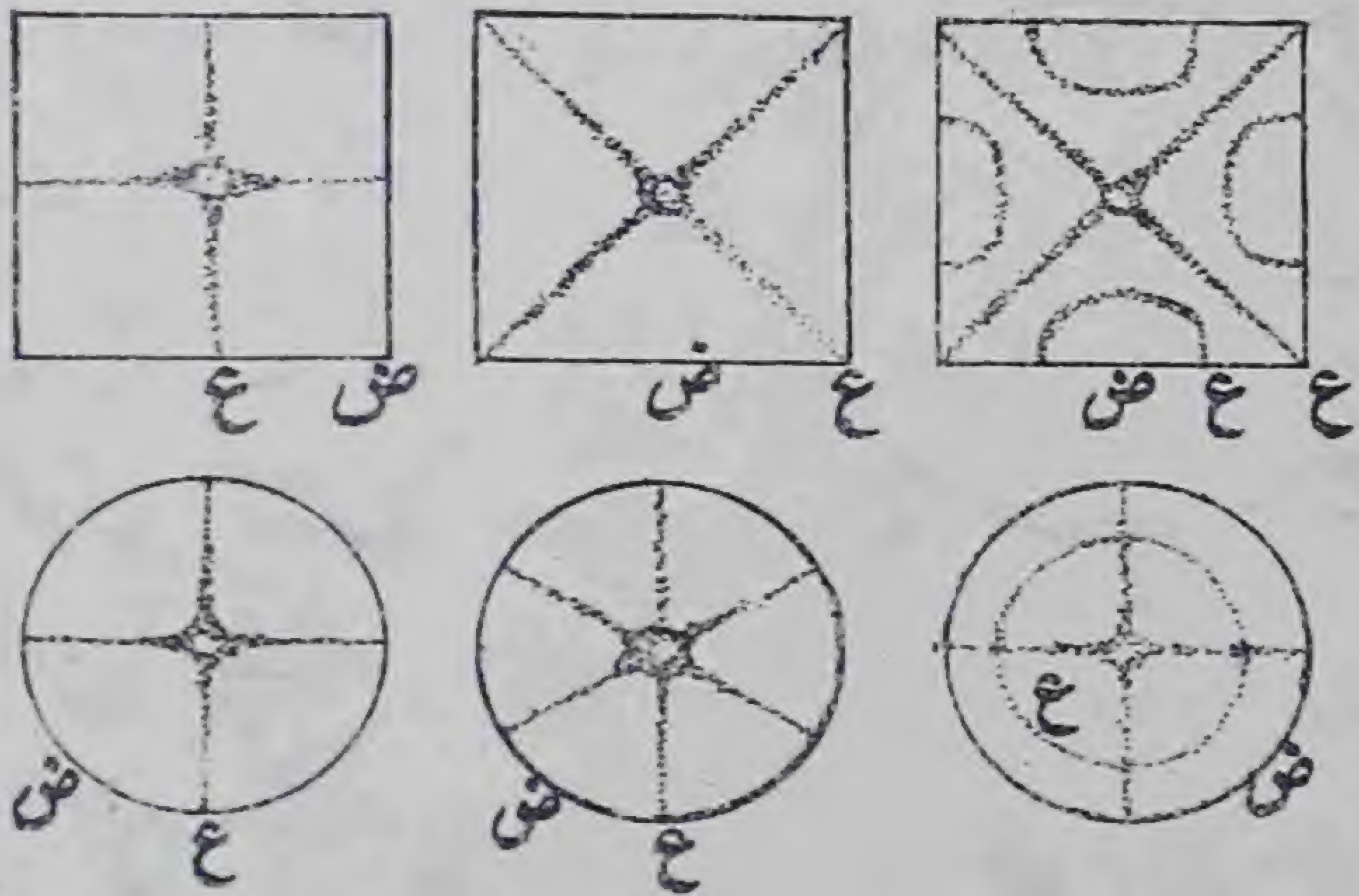
اِس تجربہ سے دو شاخہ کا تعدّد دریافت کرنے کے لئے ضرور ہوگا کہ موٹر پر چکرّ دیکھنے کا ایک آلہ نصب کیا جائے۔ موٹر کی رفتار ٹھیک کرنے کے بعد اُس کو ایک مقررہ مدّت تک گھومنے دیا جائے اور اس عرصہ میں کتنے چکرّ ہوئے ہوں معلوم کرلئے

جائیں - قرص کے چکروں کی تعداد فی ثانیہ کو قطار کے نشانوں کی تعداد میں ضرب دینے سے جو عدد حاصل آئیگا، دوشاخہ کے تعدّدِ ارتعاش کا دو چند ہوگا اس لئے کہ نشان ایک ارتعاش میں دو بار دکھائی دیتے ہیں - اگر دو شاخہ کا تعدّد پہلے سے معلوم ہو تو اس طریقہ سے قرص کے گھومنے کی رفتار ناپ سکتے ہیں۔ رفتار کا استقلال دریافت کرنے کے لئے یہ نہایت باریک امتحان ہے -

تختیوں کا ارتعاش - کلیڈنی کی شکلیں -

مستطیل تختی کو ایک بہت چوڑی سلاخ سمجھ سکتے ہیں۔ چنانچہ شکل (۷۸) کی مربّع تختی ا د طول اور ا ب عرض کی یا ا ب طول اور ا د عرض کی سلاخ تصوّر کی جا سکتی ہے۔ پہلی صورت میں سلاخ کے عقدے خط ہ ز پر واقع ہونگے اور دوسری صورت میں اُس کے عقدے خط و ح پر ہوں گے۔ اگر تختی کو اُس کے مقامِ وسط یعنے نقطہ

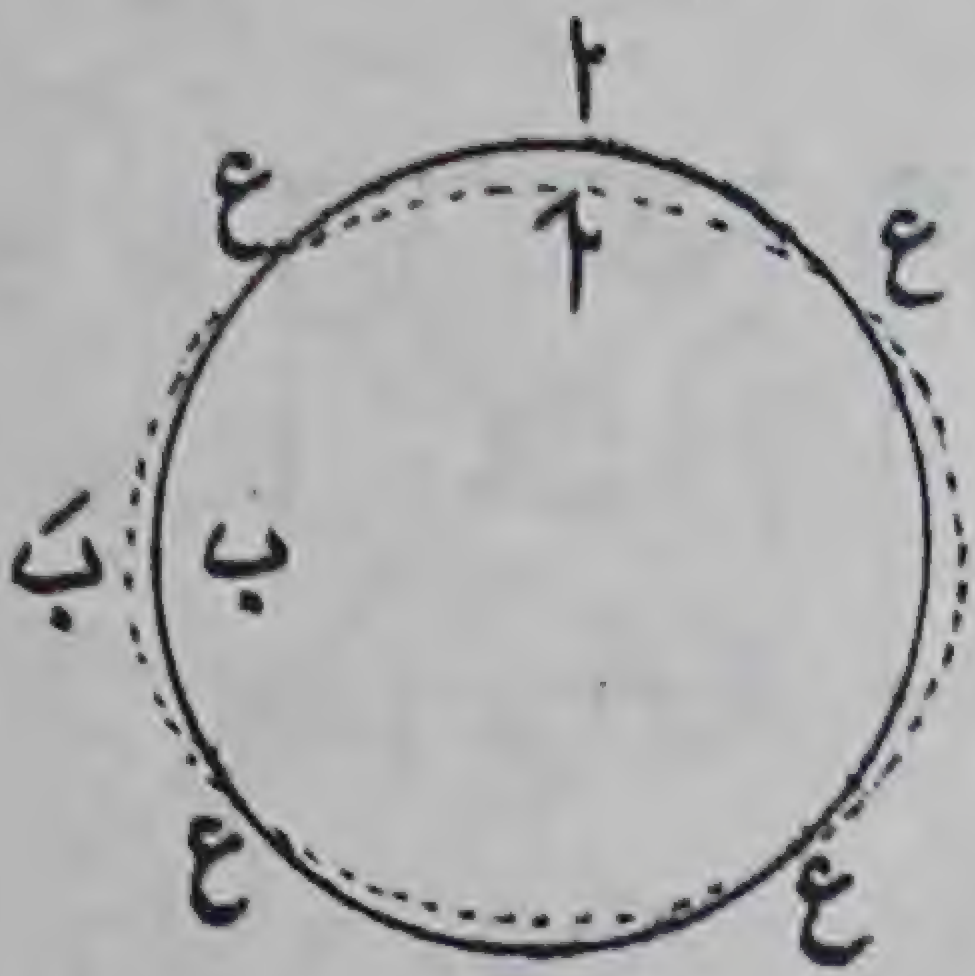
ا و ب
س
ہ ز
د ح ج

شکل (۷۸)
تختی کا ارتعاش

(س) پر جکڑ کر اُس کے ایک کونے کے پاس کمان سے گھسا جائے تو ہ ز اور و ح عقدوں کے خطوط بنینگے اور چاروں کونے اعظم ارتعاش کے مقام۔
تختیوں سے متعدد اقسام کا ارتعاش ممکن ہے لیکن ان کی نظری تحقیقات بہت دقیق ہے۔ البتہ تجربہ سے اِن ارتعاشوں کی خصوصیات معلوم ہوسکتی ہیں۔ جیسا کہ کلیڈنی نے سب سے پہلے کرکے بتایا تھا تختی کو ایک مقام پر (جو عموماً وسطی ہوتا ہے) جکڑ دیا جاتا ہے اور اس کے کنارے کے کسی مقام پر کمان سے رگڑا جاتا ہے ساتھ ہی جہاں جہاں عقدوں کی لکیریں پیدا کرنا مقصود ہوتا ہے وہاں تختی کو انگلیوں سے دبایا جاتا ہے۔ اگر اب تختی پر تھوڑی مہین اور خشک ریت چھڑکی جائے تو وہ تختی کے اعظم ارتعاش کے مقاموں سے اچھلکر عقدوں کی لکیروں پر جمع ہو جائے گی۔ اگر ریت کے عوض لائیکو پوڈیم کا سفوف چھڑکا جائے تو وہ اعظم ارتعاش کے حصّوں پر جمع ہوجائیگا شکل (۷۹) میں کلیڈنی والی چند شکلیں دی گئی ہیں۔ اِن تجربوں میں انگلی (ع) نقطوں پر رکھی گئی اور (ض) نقطوں پر تختی کو کمان سے رگڑا گیا ہے۔ عقدے کی لکیر کے مخالف بازوؤں پر

شکل (۷۹)

کلیڈنی کی شکلیں

تختی کے جو حصے واقع ہوتے ہیں اُن کی ہئیتیں ہمیشہ مخالف ہوتی ہیں -

گھنٹوں کا ارتعاش - گھنٹے کا ارتعاش بہت پیچیدہ ہوتا ہے - لیکن سہولت کی غرض سے اگر سر دست اُس کو ایک اسطوانے کا ارتعاش تصوّر کیا جائے تو صاف ظاہر ہوتا ہے کہ گھنٹے کا ارتعاش صرف قطر ہی کے خطوط میں نہیں ہوتا ہے - اگر سکون کی وضع کو شکل (۸۰) کے دائرے سے تعبیر کیا جائے تو

ارتعاش کی ایک انتہائی وضع شکل کے نقطہ دار خط کی سی ہوگی۔

یہاں ا ایک ضدّ عقدہ ہے اِس لئے کہ نقطوں ع، ع کی حرکت قطری نہیں ہے۔ لیکن نقطے ع، ع ضرور گھنٹے کے محیط کے خطِ مماس کی سمت میں حرکت کرتے ہونگے، کیونکہ قوس ع اَ ع کا طول۔ قوس ع ا ع کے طول سے چھوٹا ہے اور قوس ع بَ ع کا طول ع ب ع کے طول سے بڑا۔ پس لازم ہے کہ عقدے گھنٹے کے محیط پر تھوڑی سی حرکت کریں۔ اِس سے طالبِ علم نے معلوم کرلیا ہوگا کہ گلاس کے مُنہ پر گیلی انگلی پھیرنے سے کیوں آواز نکلتی ہے۔ گلاس کے کنارے پر جہاں انگلی پھیری جاتی ہے وہاں کا حصّہ گلاس کے محیط کی سمت میں خفیف سی حرکت کرتا ہے اور اس سے دوسرے مقاموں پر قطری حرکت پیدا ہوکر گلاس ارتعاش کرنے لگتا ہے۔

شکل (۸۰)

گھنٹے کے ارتعاش کی وضع

گھنٹے کی آواز میں جن اورٹونوں (مضاعف سُرتیوں) کے باعث 'کیفیت' پیدا ہوتی ہے، مرتعش تار یا ارگن نلی کی مضاعف سرتیوں کی طرح، اُن کے تعدّدوں کی نسبتیں سادہ نہیں ہوتیں۔ اور نہ اُس کی اساسی سُرتی، جس سے اُس کے امتداد کی تعیین ہوتی ہے، سب سے کم تعدّد کی سُرتی ہوتی ہے۔ اس آخری سُرتی کے اوپر زیادہ تعدّد کی سُرتیوں میں جو پہلی سُرتی ہوتی ہے وہی اساسی ہوتی ہے اعلیٰ خاصیت کے گھنٹے بنانے کا ہُنر کسی باضابطہ قاعدے پر مبنی نہیں ہے۔ بنانے والا محض اپنے تجربہ سے سیکھ لیتا ہے کہ گھنٹے کی مضاعف سرتیوں کو مناسب طریقہ پر ترتیب دینے کے لئے کہاں کہاں سے فلزّی مادّہ چھانٹ دیا جائے۔

ساتویں باب کی مشقیں

(۱)۔ تنے ہوئے تار کا امتداد (۱) تناؤ کی قوّت، (۲) تار کے طول، (۳) اُس کی کمیت فی اکائی طول کے کس طرح تابع ہے؟ ایک تجربہ بیان کرو جس سے ایک دو شاخہ کا تعدّد،

ایک تنے ہوئے تار کے تعدّد سے مقابلہ کر کے، ناپا جائے۔

(۲)۔ موسیقی سُر کی (۱) بلندی (۲) امتداد (۳) کیفیت ممکن طبعی خواص کے تابع ہیں؟ تم کیا تجربہ کر کے بتاسکو گے کہ جب ایک تار کے ارتعاش سے سُر پیدا ہوتا ہے تو اُسکے ساتھ کچھ مضاعف سُرتیاں بھی شامل رہتی ہیں۔
(کیمبرج سینئر لوکل)۔

(۳)۔ تنے ہوئے تار کے عرضی ارتعاش کی چند ممکن وضعیں بیان کرو۔ تار کو مختلف مقاموں پر چھیڑنے، یا کمان سے رگڑنے سے اُس کے سُر کی کیفیت پر کیا اثر پڑتا ہے بیان کرو۔ (ل۔ ی۔)

(۴)۔ تاروں کے ارتعاش کے کُلیئے لکھو۔ اور تجربوں کا حوالہ دیکر ان کو ثابت کرو۔ ۱۴۰ سم طول کا ایک تار جس کی کمیّت ۵۲ گرام ہے، ۱۶ کیلو گرام کا وزن لٹکا کر تانا گیا ہے اساسی ارتعاش کا تعدّد شمار کرو۔ (ج = ۹۸۱ سم فی ثانیہ فی ثانیہ) ۔ (ل۔ ی۔)

(۵)۔ دو تار جن کی کمیت اور ابعاد مساوی ہیں ایک تختہ پر بالترتیب ۸ اور ۱۸ پونڈ لٹکا کر

تانے گئے ہیں۔ ان کے عرضی ارتعاش سے
جو اساسی سُر نکلتے ہیں اُن کے تعدّدوں کا
باہمدیگر مقابلہ کرو۔
سمجھاؤ اُن کے طول یا تناؤ میں تبدیلی کئے
بغیر، اُن سے ایک ہی امتداد کے سُر کیونکر
پیدا کر سکتے ہیں۔ (ل۔ ی۔)
(۶)۔ دو تار، مساوی طول اور ایک ہی
مادّے کے ہیں۔ ان میں سے جو موٹا ہے
اُس کا تناؤ دوسرے کے تناؤ کا سہ چند ہے۔
پہلا تار جب مرتعش ہوتا ہے تو اس کے
اساسی سُر کا تعدّد دوسرے تار کے اساسی
سُر کے تعدّد کا دُگنا ہوتا ہے۔ تاروں کی
عمودی تراش مدوّر مان کر دریافت کرو اُن کے
قطروں کی نسبت کیا ہے۔ (ل۔ ی۔)
(۷)۔ صوت پیما کی تصریح کرو۔ اور تم نے
اِس کے ذریعہ مرتعش تاروں کے کلیّوں کی
توضیح کے متعلق کوئی تجربے دیکھے ہوں تو بیان
کرو۔ اگر کسی تار سے ایک سُر نکلتا ہو تو بتاؤ
اُس کا تناؤ کس نسبت سے بڑھایا جائے
تاکہ سُر کے تعدّد میں ۵ : ۴ کی نسبت سے
تبدیلی ہو۔ اگر تناؤ میں تبدیلی نہ کی جائے تو

تعدّد کی اتنی ہی تبدیلی کے لئے طول میں کسقدر کمی ہونی چاہئیے؟ (ل-ی)

(۸)- صَوت پیما کا ایک تار ۸ کیلو گرام کے وزن سے تانا گیا ہے اور اُس کے مقام وسط کے قریب ایک گھوڑی رکھ کر اُس کے دونوں قطعوں کو مرتعش کرتے ہیں تو فی ثانیہ ۳ ضربیں مسموع ہوتی ہیں - اگر وزن بڑھا کر ۱۱ کیلو گرام کر دیا جائے تو دریافت کرو اب اِن قطعوں کی ضربوں کی شرح کیا ہوگی۔ (ل-ی-)

(۹)- شکلوں کے ذریعہ بتاؤ تنا ہوا تار کن وضعوں میں ارتعاش کر سکتا ہے -

ایک تنے ہوئے تار کا طول ۷۵ سم ہے جب اس کو ۴ کیلو گرام وزن لٹکا کر تانتے ہیں تو پہلی اوَورٹون کا تعدّد ۲۰۰ ہوتا ہے۔ بتاؤ سہاروں کے بیچ میں تار کی کمیت کیا ہے - (ل-ی-)

(۱۰)- تاروں کے عرضی ارتعاش کے کلیّے بیان کرو -

پیتل کا ایک تار جس کی کثافت ۸٫۵ گرام فی مکعب سم اور نصف قطر ۰٫۰۲ سم ہے،

دو شکنجوں کے بیچ میں تانا گیا ہے۔ شکنجوں کا درمیانی فاصلہ ۹۰ سم ہے اور تناؤ سے تار کا کھنچاؤ ۰.۰۵ سم فی میٹر ہے۔ اگر اُس کے لئے ینگ کا لچک کا معیار ۸،۹ × ۱۰" ڈائین فی مربع سم ہو تو عرضی ارتعاش سے سب سے پست امتداد کے سُر کا تعدد کیا ہوگا دریافت کرو۔ (کلیّہ مدراس)

(۱۱)۔ سٹروبوسکوپک طریقہ سے سُر پیدا کرنے کے دوشاخہ کا تعدد کیونکر دریافت کیا جاتا ہے سمجھاؤ۔ اِس طریقہ کی صحت کا مقابلہ دوسرے اور طریقوں سے کرو جن سے تم واقف ہو۔ (کلیّہ الہ آباد)

(۱۲) تنے ہوئے تار پر سے جب عرضی موج گزر کر ایک قائم (حرکت ناپذیر) نقطہ کے پاس پہنچتی ہے تو بتاؤ اُس کا انعکاس کس طرح ہوتا ہے۔

(۱۳)۔ ایک اِکتارے کا تار فی ثانیہ ۱۰۰ ارتعاش کرتا ہے۔ اُس کا طول دُگنا کر کے تناؤ میں تبدیلی کی جاتی ہے تو فی ثانیہ ۱۵۰ ارتعاش ہوتے ہیں۔ دریافت کرو اب کے تناؤ اور پیشتر کے تناؤ میں کیا

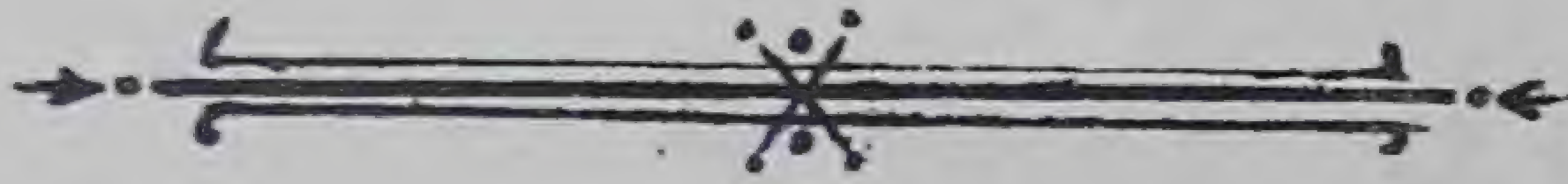
نسبت ہے۔ (کلیۂ الہ آباد)

(۱۴)۔ تنے ہوئے تار کا امتداد کن چیزوں کے تابع ہے؟ ایک ہی مادّے کے دو تاروں (أ اور ب) کے طول میں ۲ : ۱ کی نسبت ہے، اور اُن کے قطروں میں نسبت ۱ : ۲۔ دونوں کی عمودی تراش مدّور ہے۔ اگر أ کا تناؤ ۵ کیلو گرام وزن ہو تو ب کا تناؤ کیا ہونا چاہئے تاکہ دونوں سے ایک ہی سُر برآمد ہو؟ (ل۔ ی۔)

(۱۵)۔ ایک تنے ہوئے تار کے مقیم ارتعاش کی، دو مساوی رفتار سے، مخالف سمتوں میں جانے والی موجوں کے مجموعہ سے، کس طرح تعبیر ہوسکتی ہے بیان کرو۔ (ل۔ ی۔)

(۱۶)۔ ایک صوت پیما کے مرتعش تار کے سُر کے ساتھ ہارمونک سُرتیوں کا وجود تجربہ کے ذریعہ تم کس طرح ثابت کروگے بیان کرو۔

تانبے کا ایک تار ایک میٹر لمبا، دو قطعوں میں ارتعاش کرتا ہے۔ تار $\frac{1}{4}$ کیلو گرام وزن سے تانا گیا ہے۔ اگر

اُس کی کمیّت فی سنتی میٹر ۰٫۰۱ گرام ہو تو،
ج کی قیمت ۹۸۰ سم فی ثانیہ فی ثانیہ
مان کر، اساسی سُر کا تعدّد دریافت
کرو۔ (ل-ی-)

آٹھواں باب

نلیوں میں ہوا کا ارتعاش

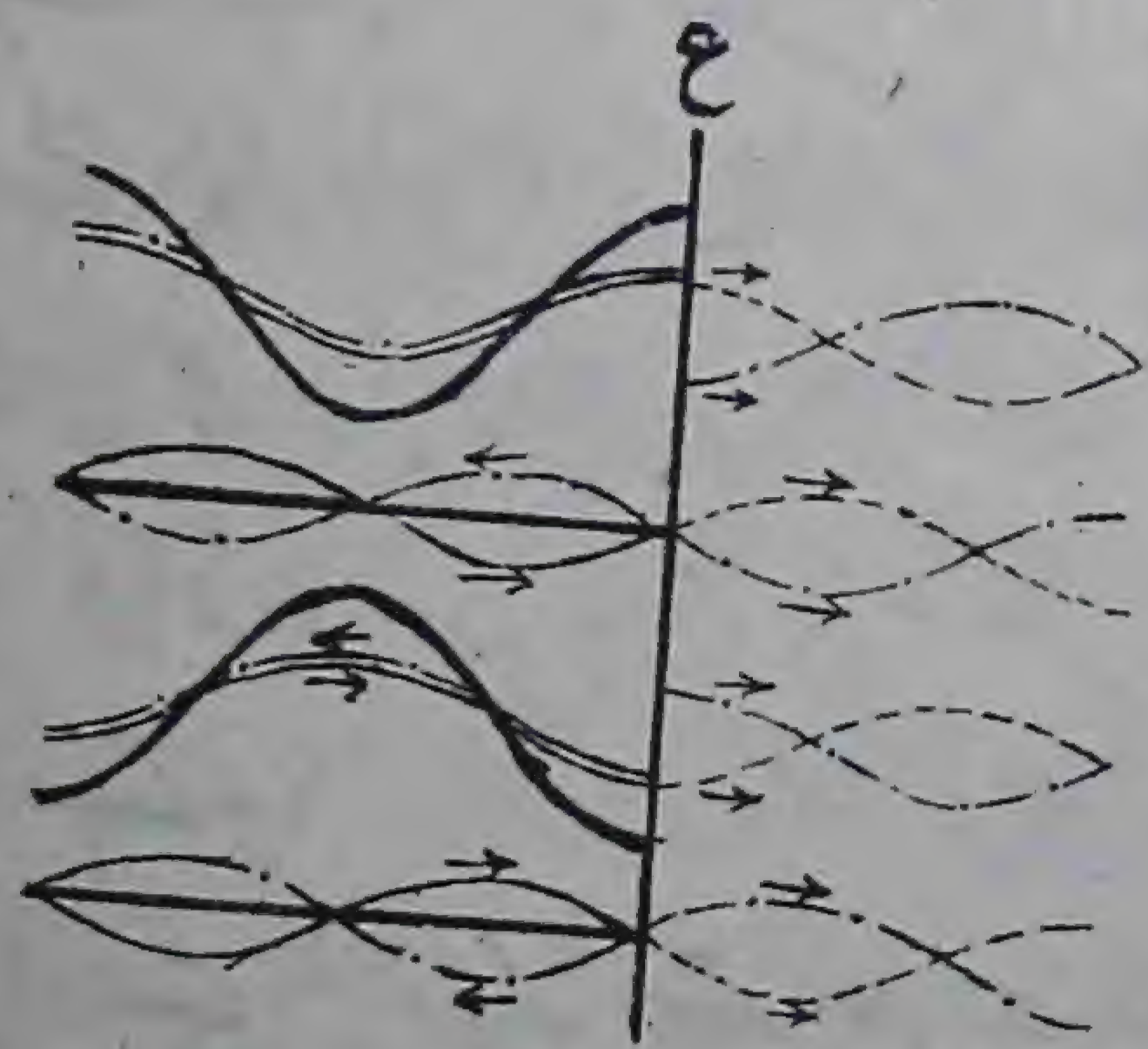
پچکاؤ (یا تکثیف) کی موج کا انعکاس ایک استوار دیوار سے۔ صفحہ (۱۱۷) پر صرف اتنا بیان کیا گیا تھا کہ پچکاؤ کی موجیں استوار دیوار سے منعکس ہوتی ہیں۔ لیکن منعکس موج کی ہئیت دریافت کرنے کے لئے مزید غور کی ضرورت ہے۔ ایک طولی موج کی، نقل مکان کے منحنی سے یا پچکاؤ کے منحنی سے (چونکہ دونوں میں تعلق واضح ہے) تعبیر ہوسکتی ہے۔ اگر نقل مکان کا منحنی جیبی ہے تو پچکاؤ کا منحنی، اور اس لئے طبعی دباؤ سے کمی بیشی کا اظہار کرنے والا منحنی، بھی جیبی ہوتا ہے۔

اِس دباؤ والے منحنی کے معیّن، ہر مقام پر، نقلِ مکان کے منحنی کے ڈھال کے متناسب ہوتے ہیں۔ پس پچکاؤ کی ایک جیبی منحنی سے تعبیر ہوسکتی ہے جو نقلِ مکان بتانے والے منحنی کے، ایک ربع طولِ موج سامنے ہوتا ہے (صفحہ ۶۶)۔ گیسوں کی طولی موجوں کے انعکاس کی تحقیق کے لئے پچکاؤ کا منحنی، بہ نسبت نقلِ مکان کے منحنی کے، زیادہ مفید ہے۔

فرض کرو ایک موج، جس کے پچکاؤ (تکثیف) کا منحنی (ج) ہے، دیوار (ع) پر واقع ہے (شکل ۸۱)۔ موج کی وجہ سے دیوار پر (موسیقی) دباؤ پڑتا ہے اور اس لئے دیوار (ع) گیس پر (موسیقی) دباؤ ڈالتی ہے۔

(شکل ۸۱)
ایک استوار دیوار سے ایک پچکاؤ کی موج کا انعکاس

پس دیوار سے دو موجیں اُٹھتی ہیں، ایک سیدھے جانب جاتی ہے، دوسری بائیں جانب۔ لیکن اِن دونوں موجوں کی ہئیتیں مساوی نہیں ہیں (البتہ مرتعش تار کے قائم نقطہ

سے اٹھنے والی موجیں ہم ہئیت تھیں - دیکھو صفحہ (۲۸۰)
چونکہ بائیں جانب دباؤ ڈالنے کے لئے (ع) کو بائیں جانب
حرکت کرنا پڑتا ہے اس لئے واضح ہے کہ اس حرکت
سے سیدھے جانب تلطیف پیدا ہوگی - پس (ع) کے
پاس ان دونوں موجوں کی ہئیتیں مخالف ہونگی - جیسا
کہ سُر پیدا کرنے کے دو شاخہ کی شاخ کے دونوں جانب
سے اٹھنے والی موجوں کے متعلق صفحہ ۱۴۰ پر دیکھا گیا
تھا - زنجیر نما خط سے جو منحنی (شکل ۸۱ میں) کھینچے گئے
ہیں ان سے مقررہ آن میں ان دونوں موجوں کا پتہ
چلتا ہے - (ع) کے سیدھے جانب کی موج واقع موج
کے سلسلہ کو (جو نقطہ دار خط کے ذریعہ بتایا گیا ہے)
تلف کر دیتی ہے - بائیں جانب کی موج منعکس
موج ہے -

شکل (۸۲) میں تکثیف کی موج کے انعکاس کے چار مرحلے بتائے گئے ہیں - انکے معائنہ سے معلوم ہوگا کہ

شکل (۸۲)
استوار دیوار سے تکثیف کی موج کے انعکاس کے چار مرحلے۔

واقع اور منعکس موجوں کے اجتماع سے مقیم ارتعاش پیدا ہوتا ہے۔ (ع) کے سیدھے جانب کی موجوں کا حاصل ہمیشہ صفر ہوتا ہے۔ اِس لئے اُن کے طبعی وجود کی ضرورت نہیں۔ یہ بھی یاد رکھنا چاہئے کہ (ع) دباؤ کی اعظم تبدیلی کا ایک نقطہ ہے اور پچکاؤ (یعنے تکثیف) کے انعکاس سے پچکاؤ ہی پیدا ہوتا ہے۔

پس منعکس موج کی شکل کھینچنے کا طریقہ یہ ہے: (۱) واقع موج کے سلسلہ کو حائل چیز کے پرے کھینچو۔ (۲) اِس سلسلہ کو تلف کرنے کے لئے جو موج چاہئے اُس کو کھینچو۔ (۳) حائل چیز کے دوسرے جانب نقطہ (ع) سے جو موج اِس تلف کرنے والی موج کے ساتھ پیدا ہوئی ہے اُس کو کھینچو۔ لیکن یہ یاد رکھنا چاہئے کہ اِن "ہمزاد" موجوں کی ہئیتیں (ع) کے پاس مخالف ہوتی ہیں۔

بجائے منحنیوں کے مساوات کے ذریعہ بھی یہی مطلب ادا ہوسکتا ہے۔ اگر واقع موج کی مساوات

ما = ۲ جب < ۲π $\left(\frac{ت}{د} - \frac{لا}{لہ}\right)$ لکھی جائے

اِس کے سلسلہ کو تلف کرنے والی موج کی مساوات۔

ما = -ا جب ۲π (ت/د - لا/لہ) ہوگی

اِس موج کے ساتھ کی "ہمزاد" موج کی مساوات (ہیئتوں میں کامل اختلاف ۲ کی علامت بدل کر ظاہر کرکے)

ما = + ا جب ۲π (ت/د + لا/لہ) لکھی جاتی ہے

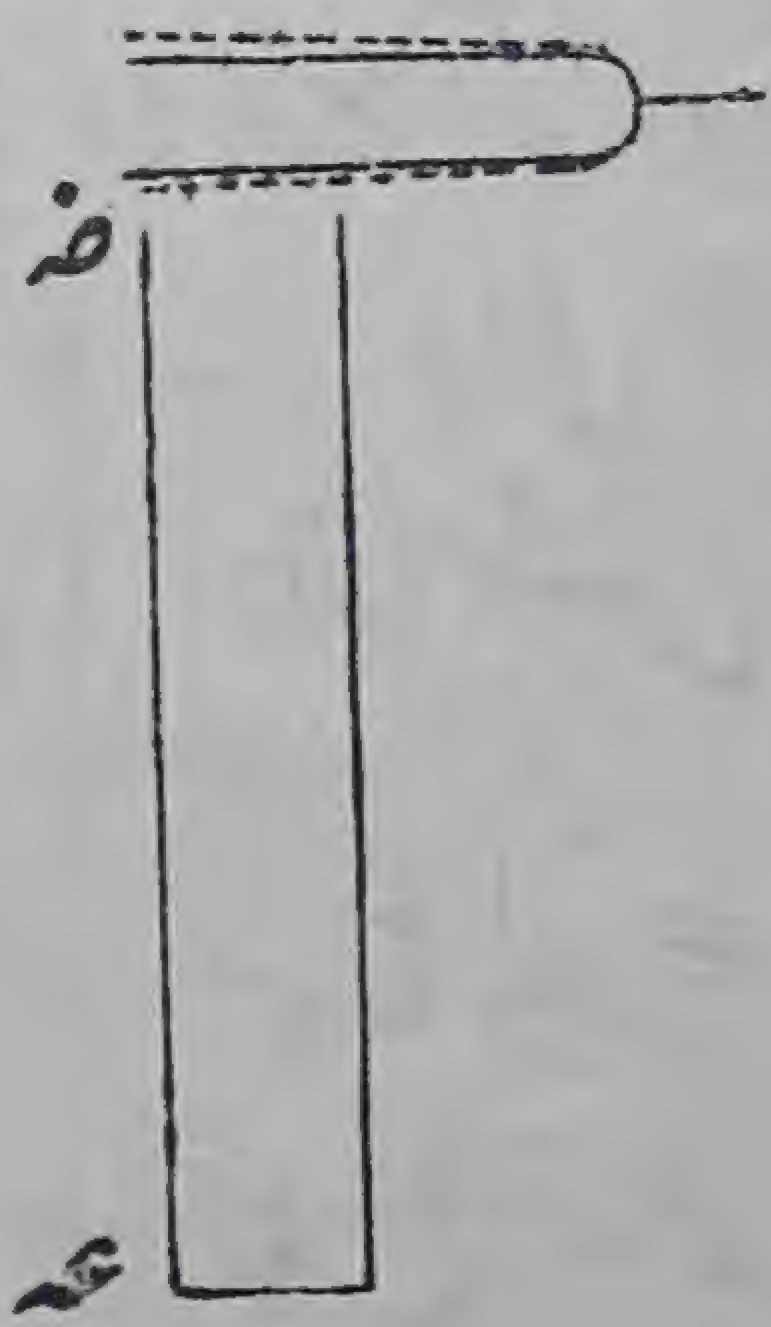
پس یہی "منعکس موج کی مساوات ہے۔
معہذا۔ واقع اور منعکس موجوں کی ترکیب سے یہ مقیم ارتعاش پیدا ہوتا ہے:

ما = ا جب ۲π (ت/د - لا/لہ) + ا جب ۲π (ت/د - لا/لہ)

= ۲ ا جم ۲π لا/لہ جب ۲π ت/د

ظاہر ہے کہ جہاں لا = صفر وہاں دباؤ کا تغیّر اعظم ہے، کیونکہ جم (صفر = ۱ یعنے نقطہ انعکاس کے پاس دباؤ کا تغیّر اعظم ہے اور

ما = ۲ ا جب ۲π ت/د

ایک طرف سے بند نلی - اب ایک طرف سے بند نلی کی ہوا کے ارتعاش پر غور ہو سکتا ہے۔ فرض کرو نلی کے مُنہ (یعنے کُھلے سرے) پر ایک سُر کا دو شاخہ ارتعاش کر رہا ہے - نلی کا سرا (عہ) بند ہے (شکل ۸۳) - نلی کے قریب کی شاخ جب نیچے کی طرف حرکت کرتی ہے تو بھچکاؤ یا تکثیف کی حالت پیدا ہوتی ہے جو نلی میں نیچے کی طرف جاتی ہے اور پیندے (عہ) سے اُس کا انعکاس ہوتا ہے۔ انعکاس کے بعد وہ تکثیف ہی کی شکل میں اوپر کی طرف واپس لوٹتی ہے۔ اگر وہ (ضہ) کے پاس پہنچتے وقت دو شاخہ کی شاخ اوپر کی طرف متحرک ہو تو وہاں یعنے (ضہ) کے پاس دو وجہ سے تلطیف کی حالت پیدا ہوتی ہے - ایک تو تکثیف کے جواب عمل سے اور دوسرے خود شاخ کے اُسی وقت اوپر کی طرف حرکت کرنے سے - اِس کے بعد یہ تلطیف کی حالت

ضہ

عہ

شکل (۸۳) ایک طرف سے بند نلی کی ہوا کی گمک۔

نلی میں نیچے کو جائیگی ، اور پینیدے سے تلطیف ہی کی شکل میں منعکس ہوکر نلی کے منہ پر ٹھیک اُس وقت پھنچیگی جبکہ شاخ نیچے کی طرف حرکت کریگی - ایسی صورت میں موج نلی کے طول کا چوگنا فاصلہ اُسی مدت میں طے کرتی ہے جس میں دوشاخہ کا ایک ارتعاش تکمیل پاتا ہے - اگر نلی کا طول (ل) قرار دیا جائے تو دوشاخہ کے ارتعاش سے پیدا ہونے والی موج کا طول (لہ) = ۴ل - اور اگر تعدد ارتعاش (ع) فرض کیا جائے تو

ع لہ = س یعنے رفتار موج

یا ع = س / ۴ل

دوشاخہ کے پہلے چند ارتعاش کی مدت میں ہوا کے اسطوانے کا ارتعاش بڑھتے جاتا ہے یہانتک کہ یکساں حالت پر پہنچتا ہے - اِس طرح اسطوانہ دوشاخہ کے ساتھ گمک دینے لگتا ہے - اگر نلی کے طول میں کچھ فرق ہوتا تو دوشاخہ اور بچکاؤ کی موج کی ہیئتوں میں تعلق بحال رہنے نہ پاتا - کبھی دوشاخہ اور موج کی ہئیتیں موافق ہوتیں اور کبھی ناموافق - اِس لئے گمک پیدا نہ ہوتی -

ایک طرف سے بند نلی کے ارتعاش کی وضعیں
اس تعلق سے کہ دو شاخہ کے ایک کامل ارتعاش کی مدت
میں موج اسطوانے کے طول کا چہار چند فاصلہ طے کرتی ہے
یہ نتیجہ برآمد ہوتا ہے کہ نلی کا طول دو شاخہ کے طولِ موج
کا چوتھائی حصّہ ہے معہذا واقع اور منعکس موجوں کے تداخل سے مقیم
ارتعاش پیدا ہو کر عقدہ اور اس کے متّصل ضدِ عقدہ
کا درمیانی فاصلہ طولِ موج کا چوتھائی حصّہ ہے
(صفحہ ۱۹۸)۔ علاوہ بریں (شکل ۸۳ میں) نلی کا سِرا (ضہ)
ہوا کی اعظم حرکت کا ایک مقام ہے۔ یعنے (ضہ) ایک
ضدِّ عقدہ ہے۔ بند سِرا (عہ) اگرچہ دباؤ کی اعظم
تبدیلی کا ایک مقام ہے، وہاں ہوا کی حرکت صفر
ہوتی ہے۔ اِن باتوں کو پیش نظر رکھنے سے یہ ظاہر
ہوتا ہے کہ نلی کی ہوا کے ارتعاش کی اور وضعیں
بھی ممکن ہیں۔

پس ہوائی اسطوانہ کے ارتعاش کی شرط یہ ہے
کہ تعدّدِ ارتعاش ایسا ہو کہ کھلا سِرا ایک
ضدِّ عقدہ ہو، اور بند سِرا، ایک عقدہ۔
اور عقدہ کے بازو ضدِّ عقدہ کا مقام ہو۔

شکل (۸۴) میں ارتعاش کی پہلی تین وضعیں
بتائی گئی ہیں۔ واقع اور منعکس موجوں کی ترکیب سے

جو مقیم ارتعاش حاصل ہوتا ہے اُس کے نقل مکان کے منحنی کی پہچان اِس شکل میں، نقطہ دار خطوط کے ذریعہ ہوتی ہے۔

ض ع ض ع ض ع — ض ع ض ع — ض ع

شکل (۸۴)

ایک طرف سے بند نلی کی ہوا کے ارتعاش کی وضعیں

وضع (ا) پر قبل ازیں بحث ہو چکی ہے اس میں تعددِ ارتعاش

ع. = $\frac{س}{۴ ل}$ ۔ ارتعاش کی دوسری وضع (ب) میں نلی کا طول $\frac{۳}{۴}$ طولِ موج کے برابر ہوتا ہے۔ یعنے ل = $\frac{۳}{۴}$ لہ ۔ اور چونکہ

$$ع = \frac{س}{لہ} \quad \text{اِسلئے} \quad ع = \frac{۳ س}{۴ ل} = ۳ ع.$$

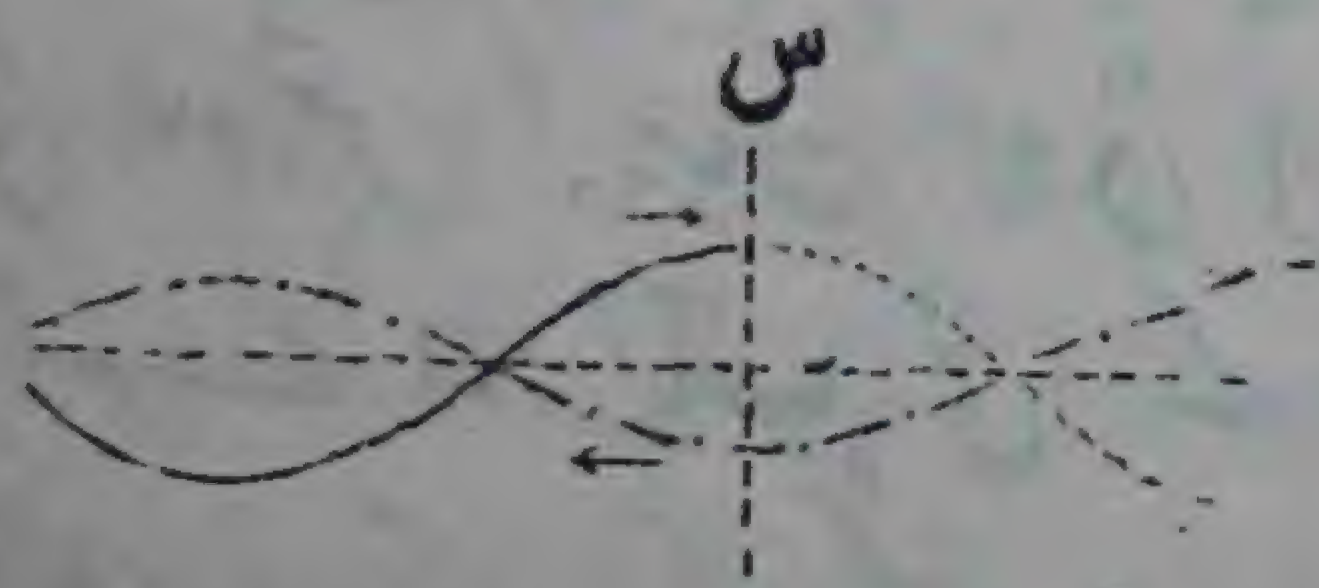
ع. سے مراد اساسی سُر (وضع ۱) کا تعدد ہے۔ وضع (ج) میں نلی کا طول $۱\frac{۱}{۴}$ طولِ موج کے برابر ہے۔ یعنے ل = $\frac{۵}{۴}$ لہ اور ع = $\frac{۵ س}{۴ ل}$ = ۵ ع.

پس اِس سے ظاہر ہے کہ ایک طرف سے بند نلی کے ارتعاش کی ممکن وضعوں کے تعدّدوں کو آپس میں نسبت

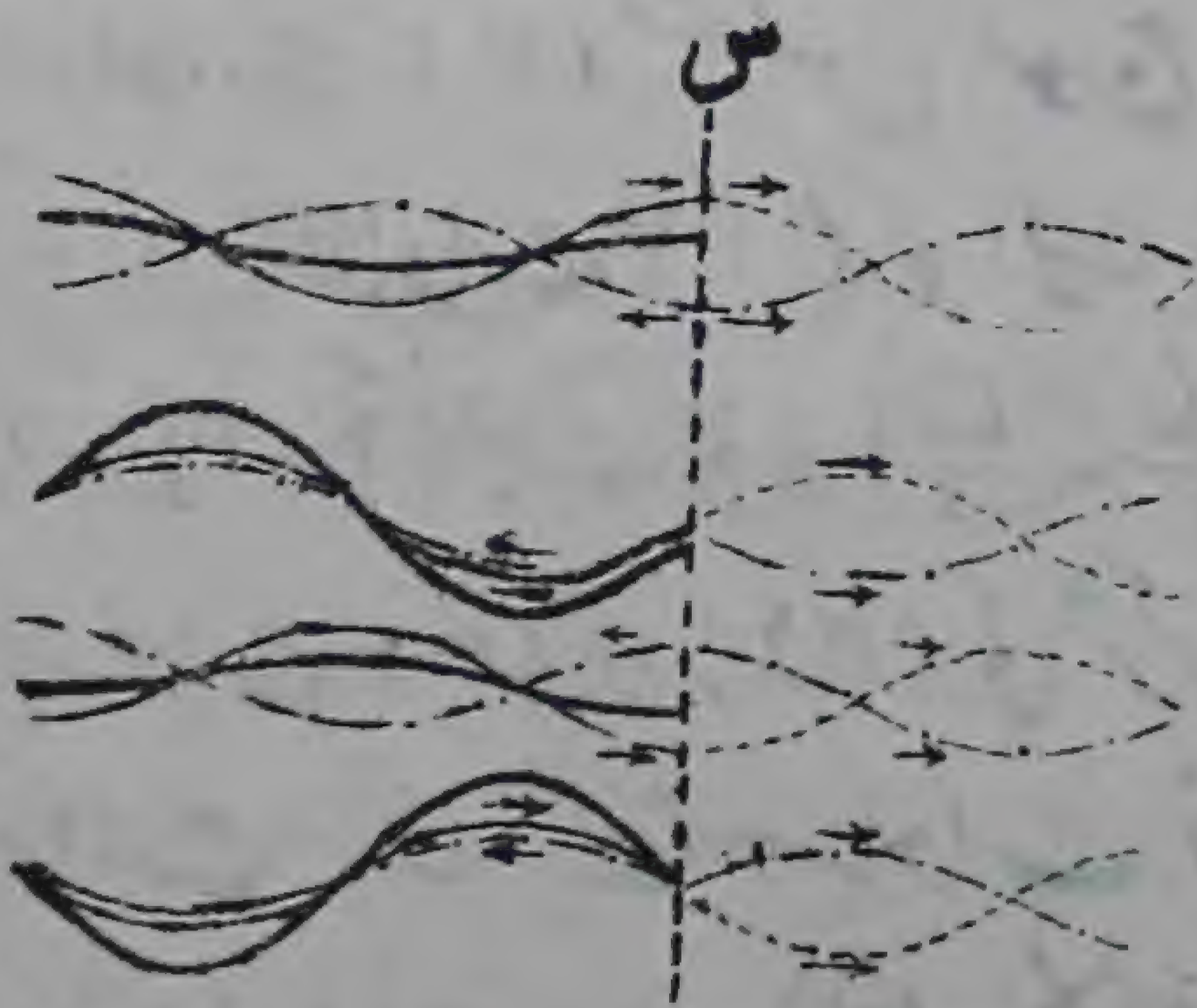
۱ : ۳ : ۵ : ۷ : وغیرہ، یعنے طاق عددونکی ہوتی ہے۔
جب ایک نلی سے آواز نکلتی ہے تو اُس میں ہمیشہ پہلی چند مضاعف سُرتیاں (اوورٹونیں) ضرور موجود ہوتی ہیں جس سے سُر میں ایک خاص کیفیت پیدا ہوتی ہے۔ ہوا کا دباؤ تبدیل کر کے نلی میں پھونکنے سے مضاعف سُرتیوں کی حدّت بدل جاتی ہے، اور اِس سے سُر کی کیفیت میں بھی تغیّر محسوس ہوتا ہے۔

نلی کے کھلے سرے کے پاس موج کا انعکاس۔ یہ ایک عام واقعہ ہے کہ کسی قسم کی موج جب ایسے مقام پر پہنچتی ہے جہاں تسلسل کسی بھی طرح سے منقطع ہوتا ہے تو موج کا ایک حد تک انعکاس ہوتا ہے۔ اب تک موج کے انعکاس کی کئی صورتیں، بیان ہوئی ہیں۔ مثلاً ایک تار کے قائم سرے اور ایک نلی کے بند سرے کے پاس کا انعکاس۔ نلی کے کھلے سرے کے پاس جب موج پہنچتی ہے تو انعکاس کن شرائط سے ہوتا ہے اب بیان ہوگا۔ ہوا میں جہاں کہیں طبعی سے زائد

دباؤ ہوتا ہے ہر طرف اُس کا اثر پڑتا ہے ۔ جب موج نلی میں سے گزرتی ہے اُس کے پہلوؤں کا دباو نلی کے بازوؤں پر پڑتا ہے جو استوار سمجھی جاتی ہیں ۔ لیکن جب نلی کے کھلے سرے کے پاس موج پہنچتی ہے تو نلی ختم ہوجانے کی وجہ سے موج کے پہلوؤں کے دباؤ کو روکنے والی کوئی چیز نہیں رہتی اِس لئے ہر طرف موج کا پھیلاؤ ممکن ہے۔ اِس سے پہلے بند سرے کے انعکاس سے متعلق جو طریقۂ استدلال اختیار کیا گیا تھا اُس سے اِس منعکس موج کی شکل وغیرہ بھی دریافت ہوسکتی ہے ۔ یہاں ہمیں صرف یہ یاد رکھنا چاہئے کہ نلی کے کھلے سرے کے پاس اِس امر کا تقاضا ہوتا ہے کہ زائد دباؤ کا ازالہ ہو یعنے دباؤ طبعی کردیا جائے ۔

شکل (۸۵) میں فرض کرو (ج) پچکاؤ کی ایک موج ہے جو نلی میں سے گزرتی ہوئی اُس کے کھلے سرے (س) کے پاس پہنچتی ہے ۔ کھلا سرا اِس امر کا

س

شکل (۸۵)
تکثیف کی موج کا انعکاس نلی کے کھلے سرے کے پاس

متقاضی ہوتا ہے کہ دباؤ طبعی ہو، یعنے اگر تکثیف کی موج وہاں پہنچتی ہے تو ہوا مناسب مقدار میں باہر چلی جائے اور اگر تلطیف کی موج آتی ہے تو اندر داخل ہو جائے۔ پس (س) کے سیدھے جانب، زنجیر نما خط کے ذریعہ، جو موج کھینچی گئی ہے، واقع موج کے سلسلہ کو جزءً تلف کرتی ہے لیکن کلاً نہیں۔ یہ واضح ہے، اس لئے کہ نلی سے معتدبہ حدت کی موجیں برآمد ہوتی ہیں۔ اسی لئے کھلے سرے کے پاس کبھی مکمل انعکاس ہونے نہیں پاتا۔ موج کا کچھ حصہ ضرور باہر نکل آتا ہے۔ (س) کے پاس سے دونوں ہمزاد موجیں جو روانہ ہوتی ہیں اُن کی ہئیت ایک ہی ہوتی ہے کیونکہ (س) سے جب ہوا باہر نکلجاتی ہے تو ہر دو سمت میں تلطیف شروع ہوتی ہے، اور جب ہوا اندر داخل ہوتی ہے تو ہر دو سمت میں تکثیف۔ (صفحہ ۲۳۹) کیطرح، نلی کے اندر واقع اور منعکس موجوں کی ترکیب کا عمل ہو سکتا ہے۔ (شکل (۸۶)

شکل (۸۶) نلی کے کھلے سرے کے پاس پچکاؤ کی موج کے انعکاس کی چار صورتیں

میں ایک طولِ موج کے انعکاس کے چار مرحلے بتائے گئے ہیں۔ چونکہ منعکس موج حدّت میں واقع موج سے کم ہوتی ہے، اِس لئے نلی کے اندر موجوں کا تداخل مکمل نہیں ہوتا۔ پس یہ تصوّر کیا جاسکتا ہے، کہ نلی کے اندر ہوا کے مقیم ارتعاش کے علاوہ ایک رواں موج گزرتی ہے اور نلی کے کُھلے سرے کے باہر نکل آتی ہے۔

اِن موجوں کے لئے یہ مساواتیں لکھی جاسکتی ہیں:-

تکثیف کی، واقع موج کیلئے،
$$\text{ما} = \text{ا جب}\left\langle 2\pi\left(\frac{\text{ت}}{\text{د}} - \frac{\text{لا}}{\text{لہ}}\right)\right\rangle \quad (1)$$

دو ہمزاد تکثیف کی موجوں کیلئے،
$$\text{ما} = -\text{اَ جب}\left\langle 2\pi\left(\frac{\text{ت}}{\text{د}} - \frac{\text{لا}}{\text{لہ}}\right)\right\rangle \quad (2)$$
$$\text{ما} = -\text{اَ جب}\left\langle 2\pi\left(\frac{\text{ت}}{\text{د}} + \frac{\text{لا}}{\text{لہ}}\right)\right\rangle \quad (3)$$

مساوات (۳) منعکس موج کی مساوات ہے۔

مساوات (۱) کو ایسا بھی لکھ سکتے ہیں۔
$$\text{ما} = (\text{ا} - \text{اَ})\,\text{جب}\left\langle 2\pi\left(\frac{\text{ت}}{\text{د}} - \frac{\text{لا}}{\text{لہ}}\right)\right\rangle + \text{اَ جب}\left\langle 2\pi\left(\frac{\text{ت}}{\text{د}} - \frac{\text{لا}}{\text{لہ}}\right)\right\rangle \quad (4)$$

مساوات (۳) اور (۴) کی ترکیب سے، نلی کے اندر بھچکاؤ کی حالت کے لئے مساوات ذیل حاصل ہوتی ہے:
$$\text{ما} = (\text{ا} - \text{اَ})\,\text{جب}\left\langle 2\pi\left(\frac{\text{ت}}{\text{د}} - \frac{\text{لا}}{\text{لہ}}\right)\right\rangle + \text{اَ جب}\left\langle 2\pi\left(\frac{\text{ت}}{\text{د}} - \frac{\text{لا}}{\text{لہ}}\right)\right\rangle - \text{اَ جب}\left\langle 2\pi\left(\frac{\text{ت}}{\text{د}} + \frac{\text{لا}}{\text{لہ}}\right)\right\rangle$$
$$= (\text{ا} - \text{اَ})\,\text{جب}\left\langle 2\pi\left(\frac{\text{ت}}{\text{د}} - \frac{\text{لا}}{\text{لہ}}\right)\right\rangle + 2\,\text{اَ جب}\; 2\pi\frac{\text{لا}}{\text{لہ}}\,.\,\text{جم}\; 2\pi\frac{\text{ت}}{\text{د}}$$

(یہ موج کھلے سرے سے نکل آتی ہے) - (یہ مقیم ارتعاش کی مساوات ہے)

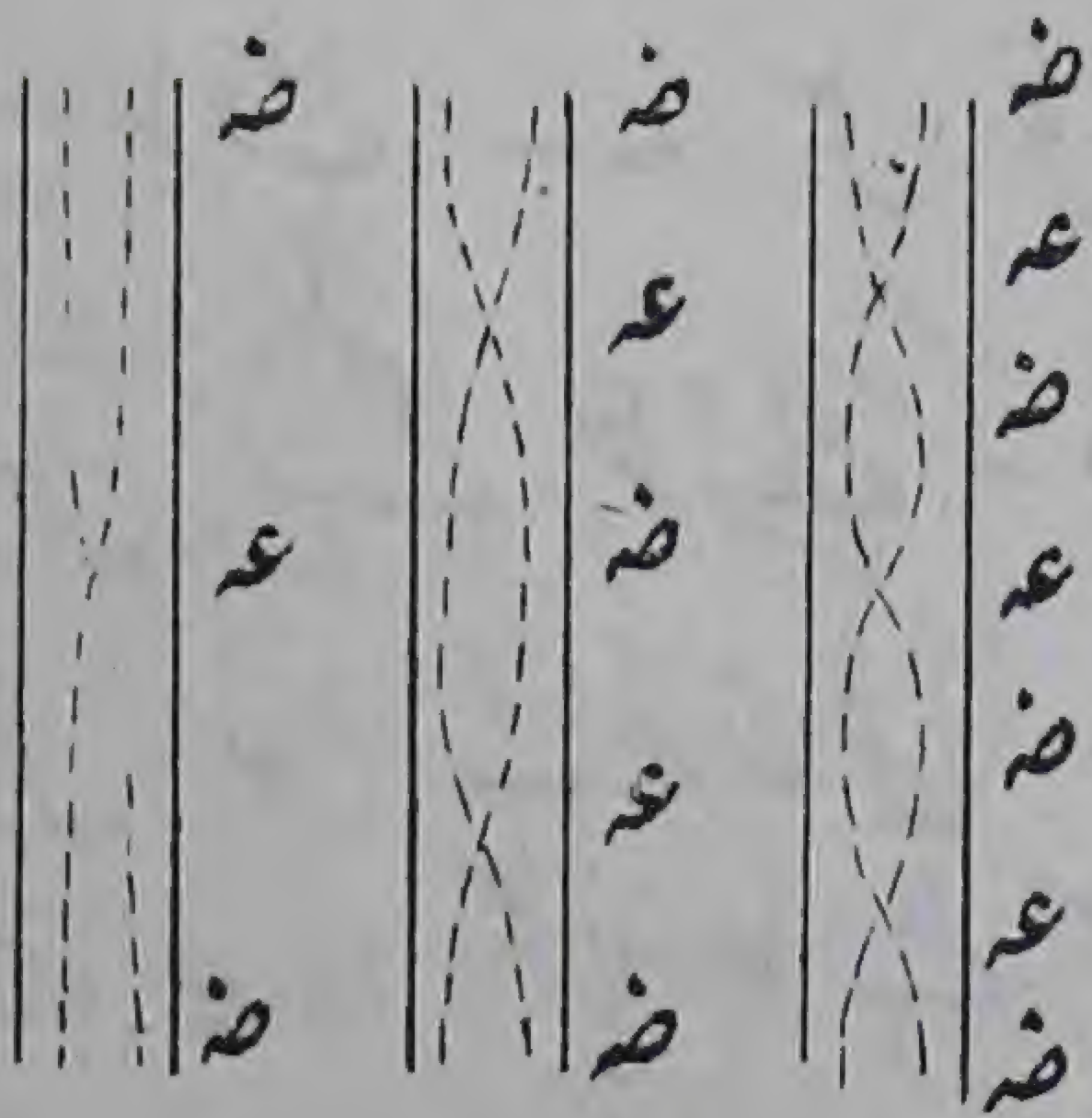
جو موج نلی کے باہر آتی ہے، واقع موج اور دو ہمزاد موجوں میں سے باہر جانے والی موج کا حاصل ہے، یعنے

ما = ا جب <۲π (ت/د - لا/لہ) - اَ جب <۲π (ت/د - لا/لہ)

= (ا - اَ) جب <۲π (ت/د - لا/لہ)

دونوں طرف سے کُھلی نلی میں ہوا کے ارتعاشس کے طریقے۔ دونوں طرف سے کُھلی نلی میں ہوا کے ارتعاش کے ممکن طریقے دریافت کرتے وقت یہ یاد رکھنا چاہئے کہ کُھلا سرا ہمیشہ ضدِّ عقدہ ہوگا یعنے کُھلے سِرے کے پاس نقلِ مکان کا حیطہ اعظم ہوتا ہے (صفحہ ۲۴۴)۔ پس سادہ ترین ارتعاش وہ ہوگا جس میں دونوں سِروں کے پاس ایک ایک ضدِّ عقدہ اور بیچ میں ایک عقدہ ہو اِس لئے کہ عقدہ کے بازو ضدِّ عقدہ ہوتا ہے۔ یہ بھی دیکھنے میں آیا تھا کہ کُھلے سِرے کے پاس دباؤ کی تبدیلی اقلّ ہوتی ہے پس اس لحاظ سے بھی وہاں ضدِّ عقدہ ہونا ضروری ہے۔ اِسلئے کہ جہاں عقدہ واقع ہوتا ہے اُس کے پاس کی ہَوا اس کی طرف دونوں جانب سے، ارتعاش کی

نصف مدّت تک، حرکت کرتی ہے (شکل ۸۹) اور ارتعاش کی دوسری نصف مدّت تک اُس سے مخالف سمتوں میں۔ پس عقدے کے پاس دباؤ کی تبدیلی اعظم ہوتی ہے۔

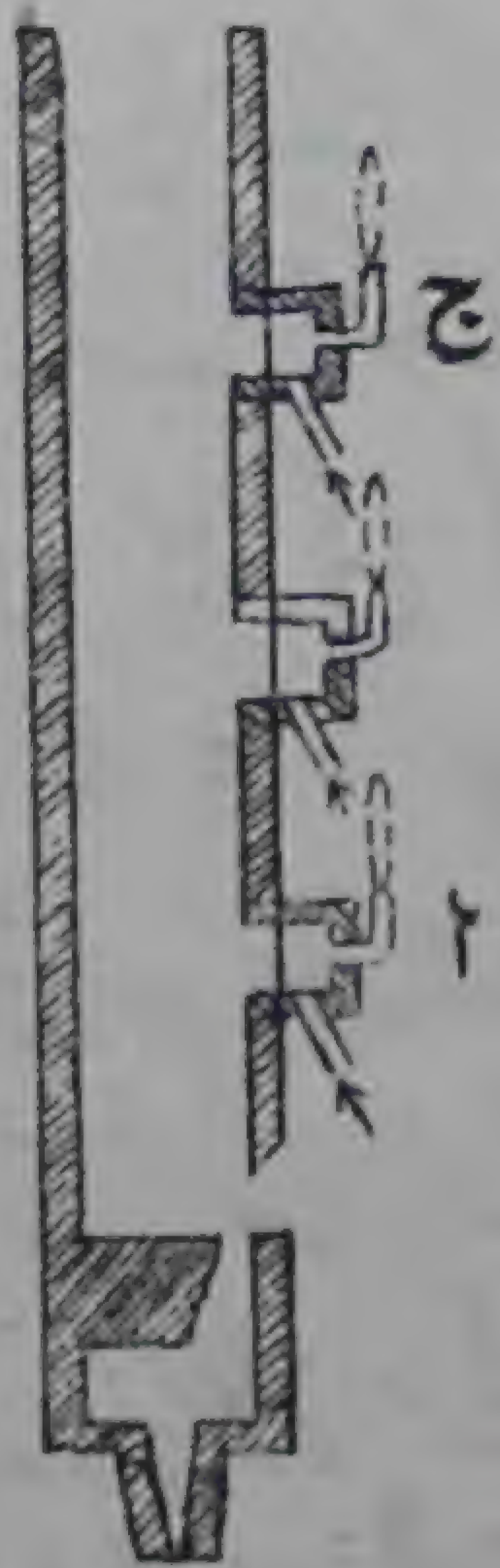
شکل ۸۷ (ا) میں کھلی نلی کے ارتعاش کا سادہ ترین طریقہ بتایا گیا ہے۔ نلی کا طول دو متصّل عقدے کے ضدوں کا فاصلہ ہے اس لئے نصفِ طولِ موج کے مساوی ہے (صفحہ ۱۹۸)۔ چونکہ ر = ع لہ ع. = ر/۲ل

ض ع ض ع ض ع ض ع ض | ض ع ض ع ض | ض ع ض

شکل (۸۷)

دونوں طرف سے کُھلی نلی کی ہوا کے ارتعاش کے طریقے

اساسی سُر کا تعدّد یہی ہے۔ نلی کی ہوا کے ارتعاش کا دوسرا طریقہ شکل (ب) کا سا ہوتا ہے، اس میں نلی کا طول ایک طولِ موج کے مساوی ہوتا ہے۔ اور تعدّد ارتعاش (ع) = ر/ل = ۲ع.۔ یہ پہلی مضاعف سُرتی ہے۔ اُس کا تعدّد اساسی سُر کے تعدّد کا دُگنا ہے۔ شکل (ج)

میں تعدّد (ع) = ۳ر/۲ل = ۳ ع. - پس کھلی نلی کے اساسی سُر اور مضاعف سُرتیوں کے تعدّدوں میں نسبت طبعی اعداد، یعنے ۱ : ۲ : ۳ : ۴ : وغیرہ کی ہے - صفحہ (۲۴۴) پر بتایا گیا تھا کہ ایک طرف سے بند نلی کے اساسی سُر اور مضاعف سُرتیوں کے تعدّدوں میں نسبت صرف طاق عددوں کی ہے - اُسی صفحہ پر بند نلی کے سُر کی کیفیت وغیرہ کے متعلق جو کچھ بیان ہوا تھا کُھلی نلی پر بھی جاری ہے -

فشار پیمائی شعلے وغیرہ - ارگن نلی میں عقدوں کے پاس دباؤ کی اعظم تبدیلی کا ثبوت فشار پیمائی شعلوں کے ذریعہ (صفحہ ۱۴۲) ہو سکتا ہے - شکل (۸۸) میں نلی کے ایک بازو چند فشار پیمائی شعلوں کا انتظام کیا گیا ہے - کھلی نلی کو آہستہ پھونک کر شعلہ (ب) کو جب گھومتے ہوئے آئینہ میں دیکھتے ہیں تو کنارہ دندانہ دار نظر آتا ہے - ذرا

شکل (۸۸)
فشار پیمائی شعلوں سے نلی کے عقدون کی پہچان

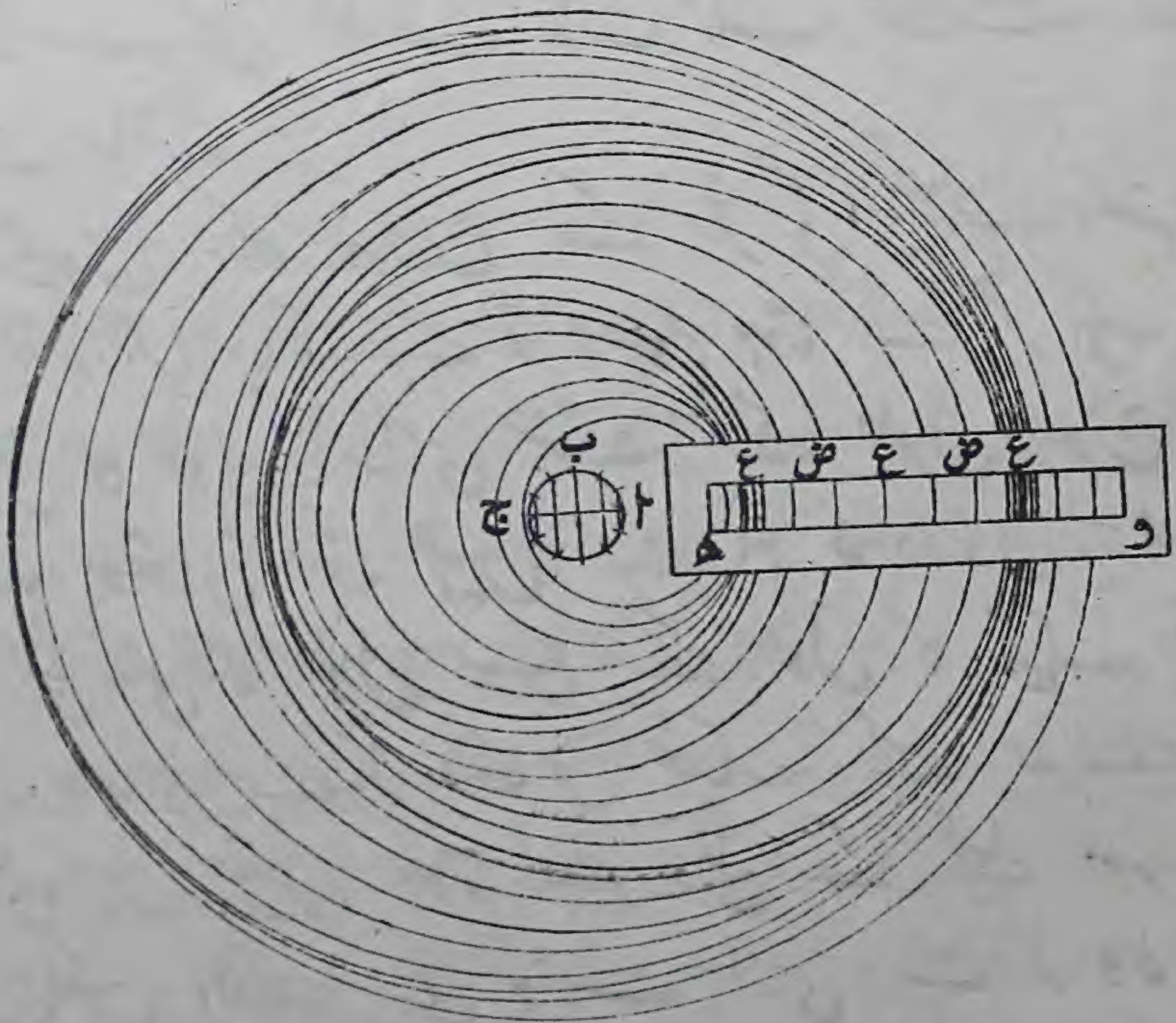
زیادہ زور سے پھونکنے سے شکل ۸۷ (ب) کی پہلی سُرتی پیدا ہوگی اور شکل ۸۸ (ا) اور (ج) کے پاس کے شعلے دندانہ دار نظر آئینگے، اور (ب) کے پاس کا شعلہ قریب قریب خاموش جلیگا۔ کافی تعداد میں ایسے فشار پیمائی شعلوں کا انتظام کرنے سے شکل (۸۷) کے تمام عقدے معلوم ہوسکتے ہیں بشرطیکہ نلی مناسب زور سے پھونکی جائے۔ یہ عام قاعدہ ہے کہ نلی جیسی تنگ ہوگی اور جس قدر زور سے پھونکی جائیگی اُس میں زیادہ اونچے امتداد کی مضاعف سُریاں پیدا ہونگی۔

ایک دوسرا طریقہ عقدوں اور اُن کے ضدّوں کے مقام دریافت کرنے کا یہ ہے کہ نلی میں تار کے ذریعہ ایک چھوٹا کاغذ کا پردہ، جس پر تھوڑی باریک ریتی چھڑکی گئی ہو، اُتاری جائے۔ نلی کا ایک بازو شیشے کا ہونا چاہئے تاکہ کاغذ پر ریتی کی حرکت دیکھی جاسکے۔ عقدے کے پاس ریتی ساکن رہیگی لیکن عقدے کے ضد کے پاس ریتی کو ہیجان ہوگا اور وہ کاغذ پر اچھلنے لگے گی۔

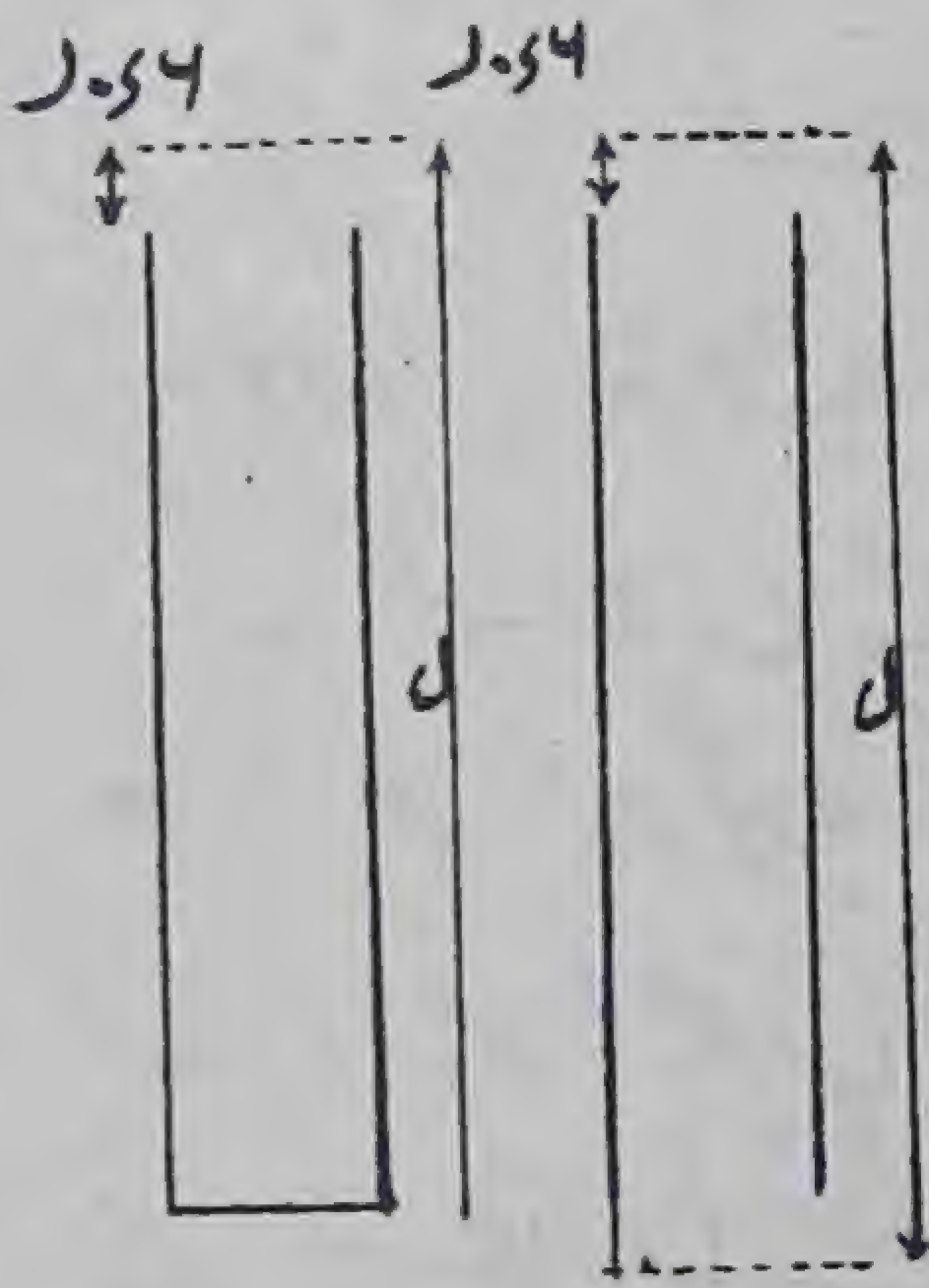
چیپشائر کا قرص۔ بولتی نلی کی ہوا کی حرکت کا، شکل (۲۸) کے مشابہ ایک شکل سے، جو چیپشائر کے قرص کے نام سے مشہور ہے، اظہار ہوسکتا ہے۔

ایک چھوٹے دائرے کے محیط کو ۱۲ مساوی حصوں میں نقطوں کے ذریعہ تقسیم کیا جاتا ہے۔ (ملاحظہ ہو شکل ۸۹)۔ ان نقطوں سے دائرے کے قطر ۲ج پر عمود ڈالے جاتے ہیں اور اُن کے تقاطع کے نقطے بالترتیب بتدریج بڑھنے والے قطروں کے دائروں کے مرکز بنائے جائیں پہلے (۲) مرکز بنایا جائے۔ پھر اس کے بعد کا نقطہ اِس طرح یکے بعد دیگرے (ج) مرکز بنایا جائے۔ پھر ترتیب وار (۲) کی طرف واپس لوٹا جائے۔ یہی عمل کئی بار دوہرایا جائے۔

شکل (۸۹)

چیشائم کا قرص

اِن سب دائروں کو اگر ایک چوڑے پتّر سے، جس کے بیچ میں ایک تنگ مستطیل پٹّی ھ و تراشی گئی ہو، ڈھانپ کر قرص کو دائرے ا ب ج کے مرکز پر گھمایا جائے تو دائروں کے خط، پٹّی میں سے، طولی ارتعاش کرتے ہوئے نظر آئینگے۔ ع، ع، ع عقدے ہونگے اور ض، ض عقدوں کے ضد۔ یہ بھی معلوم ہوگا کہ خطوط ایک ایک عقدے کی طرف دونوں جانب سے، ارتعاش کی نصف مدّت تک، حرکت کرینگے اور دوسری نصف مدّت تک عقدے سے مخالف جانب میں۔

نلیوں کے سروں کے اثر کی تصحیح۔ احتیاط سے تجربہ کیا جاتا ہے تو معلوم ہوتا ہے کہ ایک طرف بند نلی کا طول اساسی سُر کے طولِ موج کا ٹھیک چوتھائی حصّہ نہیں ہے اور نہ دونوں طرف سے کھلی نلی کا طول موج کے طول کا ٹھیک آدھا حصّہ۔ وجہ یہ ہے کہ انعکاس ٹھیک کھلے سرے کے مستوی میں نہیں ہوتا ہے۔ نلی کے کھلے سرے کے پاس انعکاس کی نوعیت ایسی ہے کہ وہ کلّاً ایک مستوی میں محدود نہیں رہسکتا۔ عملی طور پر نلی کا کُھلا سِرا، انعکاس کے لحاظ سے، اُس کے حقیقی مقام پر نہیں بلکہ اُس سے کچھ فاصلہ آگے بڑھا ہوا

تصور ہو سکتا ہے۔ تجربہ سے دریافت ہوا ہے کہ اسطوانی شکل کی نلی کے لئے عملی طول اس قیاس پر شمار کیا جا سکتا ہے کہ انعکاس ایک ایسے مستوی سے ہوتا ہے جو نلی کے کھلے

شکل (۹۰)
نلی کے کھلے سرے کے پاس 'سر کی تصحیح'

سرے سے بقدر فاصلہ ۰٫۶ × نلی کا نصف قطر آگے واقع ہوتا ہے۔ صفحہ ۲۴۴ اور صفحہ ۲۵۰ پر اساسی سُر اور مضاعف سُرتیوں کے تعدد شمار کرنے میں نلی کا یہ 'عملی' نہ کہ 'حقیقی' طول محسوب ہونا چاہیئے۔

چنانچہ ایک طرف سے بند نلی کے لئے

ل = حقیقی طول + ۰٫۶ × نصف قطر

اور دونوں طرف سے کھلی نلی کے لئے

ل = حقیقی طول + ۱٫۲ × نصف قطر

اس سے یہ نتیجہ نکلتا ہے کہ اگر 'سرے کے اثر کی تصحیح' بالکل مستقل ہے تو نلی کی مضاعف سُرتیوں

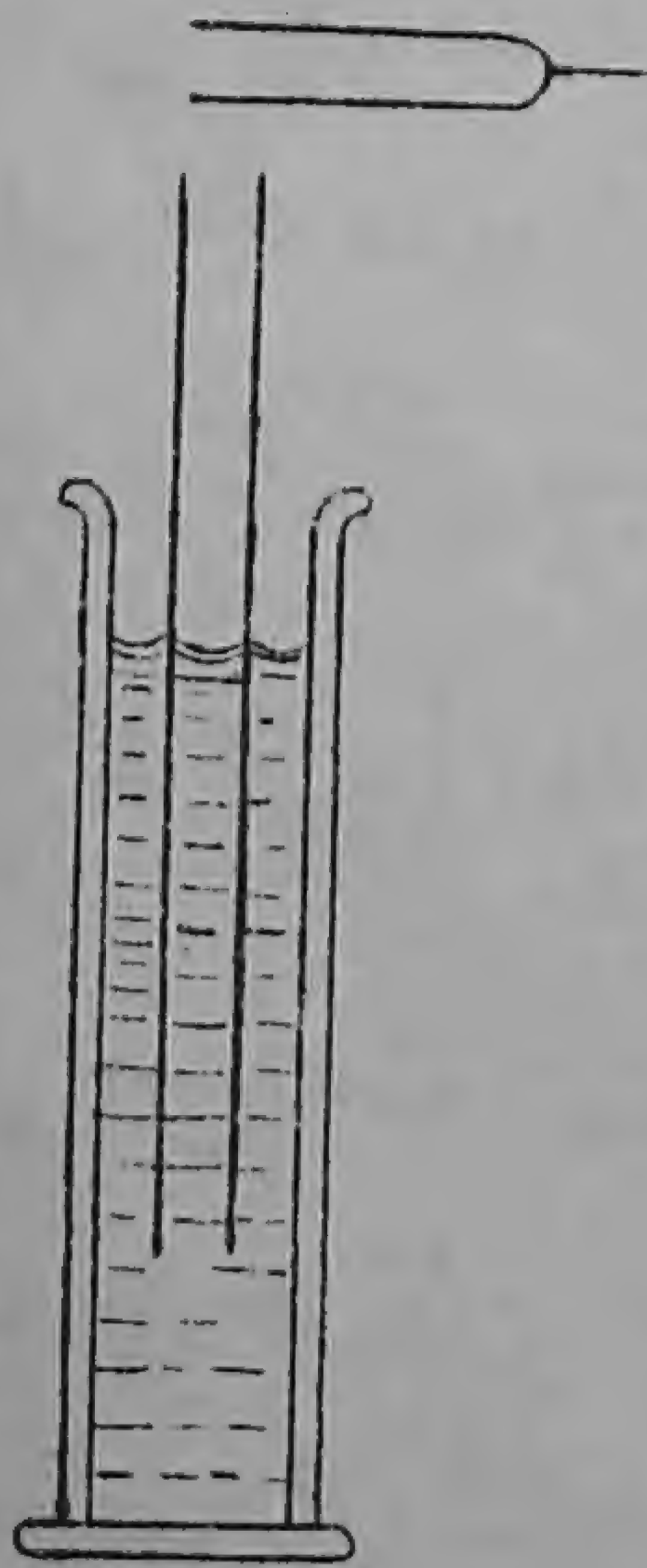
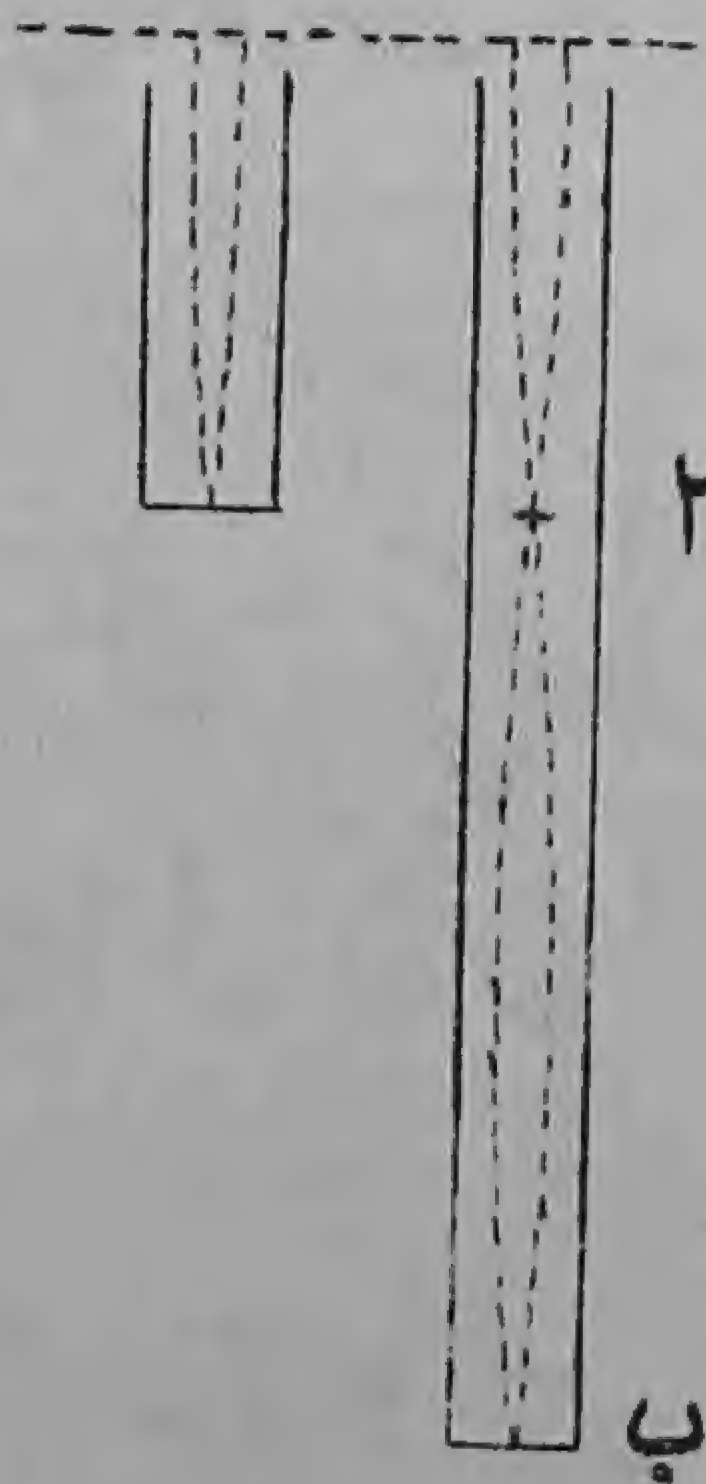
کا ایک ہارمونک سلسلہ بنتا ہے - یہ شرط صرف
اُسی حالت میں پوری ہوتی ہے جبکہ ارتعاش کا
طولِ موج نلی کے نصف قطر کی نسبت بڑا ہوتا ہے
ایک تنگ دونوں طرف سے کھلی نلی کی مضاعف
سُرتیوں کے تعدّدوں میں نسبت قریب قریب
۱، ۲، ۳، ۴، وغیرہ کی ہوتی ہے - لیکن اگر نلی
کا منہہ کشادہ ہو، جوں جوں مضاعف سُرتیوں کے
تعدّد اونچے ہوتے جائینگے سِرے کی تصحیح میں بھی
زیادتی ہوتی جائیگی - پس مضاعف سرتیوں کے تعدّد
ایک ہارمونک سلسلہ میں نہ ہونگے - معہذا کشادہ مُنہ
کی نلی میں اُن کی پیدائش چنداں سہل نہیں - اسلئے
ایسی نلی کے سُریں بہ نسبت تنگ منہ کی نلی کے
سُر کے، مضاعف سرتیوں کی زیادہ قلّت ہوتی
ہے -

ہلم ہولٹس نے ثابت کرکے بتایا کہ اگر نلی کا مُنہ
گھنٹے کی شکل کا سا ہو تو اُس کے لئے سِرے کی تصحیح
کی ضرورت نہیں - یعنے ضدِّ عقدہ ٹھیک سرے کے
مستوی ہی میں واقع ہوتا ہے - گھنٹے کا پہلو قطع زائد
کی شکل میں چاہئے اور مُنہ کا نصف قطر نلی کے
اسطوانی حصّہ کے نصف قطر سے $\sqrt{2}$: ۱ کی نسبت
رکھے - ایسے مُنہ والی نلی کی مضاعف سُرتیاں ایک

صحیح ہارمونک سلسلہ میں ہونگی۔ یہ بات پیتل کے ہوائی موسیقی سازوں کی تعمیر میں اِس لئے اہمیت رکھتی ہے کہ اِن سازوں کی مضاعف سُرتیوں کا سلسلہ حتّیٰ الامکان ٹھیک ہارمونک ہونا چاہئیے۔

مخروطی نلیاں۔ مخروطی نلیوں پر نظری حیثیت سے بحث کسی قدر پیچیدہ ہونے کی وجہ سے اُس کو یہاں فرو گزاشت کر دیا جاتا ہے۔ لیکن اُن سے متعلق دو ایک ضروری باتیں قلمبند کی جاتی ہیں۔ جب مخروط کا زاویہ چھوٹا ہوتا ہے تو کھلے سرے کے پاس ضدّ عقدہ واقع ہوتا ہے، اور مضاعف سرتیوں کے عقدوں کے ضد نلی کے محور پر مساوی فاصلوں سے واقع ہوتے ہیں۔ معہذا مخروطی نلی جو راس کے پاس بند اور منہ کے پاس کھلی ہوتی ہے اُس کی مضاعف سرتیوں کے تعدّد آپس میں ۱، ۲، ۳، ۴، وغیرہ یعنے سارے طبعی عددوں کی نسبت رکھتے ہیں۔ یہ بات ایک طرف سے بند اسطوانی شکل کی نلی کے بالکل برعکس ہے، جس کی مضاعف سُرتیوں کے تعدّدوں میں صرف طاق اعداد کی نسبتیں پائی جاتی

ہیں - چنانچہ مخروطی شکل کی ارگن نلی کی آواز میں جس کی ہوا نے کی پتّی کے ذریعہ ارتعاش میں لائی جاتی ہے (صفحہ ۲۸۷) اور جس کا عمل ایک طرف سے بند نلی کے مشابہ ہوتا ہے، مضاعف سرتیوں کا پورا ہار مونک سلسلہ موجود ہوسکتا ہے -

تجربہ (۸) - ہوا میں آواز کی رفتار کی تعیین گمک کے ذریعہ - معلوم تعدّد کے ایک دو شاخہ کو لکڑی کی ہتوڑی سے مار کر مرتعش کرتے ہیں اور پانی میں کچھ عمق تک ڈوبی ہوئی ایک نلی کے منہ پر پکڑتے ہیں (شکل ۹۱) - نلی کو حسب ضرورت

شکل (۹۱)
ہوا کے اسطوانے کی گمک

شکل (۹۲)
نلی کے سرے کی تصحیح کا اسقاط

اوپر اٹھا کر یا نیچے اُتار کے اُس کے اندر کے ہوائی اسطوانے کا طول ٹھیک کیا جا سکتا ہے، ایسا کہ دو شاخہ کے ساتھ گمک بلند ترین ہو۔ اِس طول کو ناپ لے کر، سرے کی تصحیح (یعنی ۰٫۶ × نصف قطر) اضافہ کرنے سے نلی کا عملی طول (ل) معلوم ہوجاتا ہے۔ یہ طولِ موج (لہ) کا چوتھائی حصّہ ہے۔ اور چونکہ

س = ع لہ = ۴ ع ل

آواز کی رفتار ہَوا میں (س) دریافت ہوجاتی ہے۔ واضح ہو کہ س کی جو قیمت حاصل ہوگی ہَوا کی صفر تپش پر نہ ہوگی بلکہ تجربہ کے وقت کی تپش پر ہوگی۔ مئی تپش پیما کے ذریعہ یہ تپش معلوم کرکے اِس ضابطہ کے ذریعہ صفر درجہ مئی تپش کی حالت میں رفتار کی تعیین ہوسکتی ہے۔

سَ‌ت = س۰ √(۱ + ر ت) یا سَ‌ت = س۰ √(ت / ۲۷۳)

جس میں ت سے مراد ہوا کی تپش مطلق پیمانہ پر ہے۔

’سرے کی تصحیح‘ ساقط کرنے کا اِس سے بہتر طریقہ یہ ہے کہ نلی کو پانی سے اور اوپر کھینچکر اُسکا ایک دوسرا طول دریافت کیا جائے جو دو شاخہ

کے ساتھ گمک دے۔ یہ طول پہلے طول کا
قریب قریب سہ چند ہوتا ہے۔ نلی کے پہلے
اور دوسرے طول میں تفاوت $\overline{۲ ب}$ کی لمبائی
ہے (شکل ۹۲) جو آواز کا نصف طول موج ہے۔
تفاوت نکالنے میں سرے کی تصحیح ساقط
ہو جاتی ہے۔ اور

ں = ۲ ع ($\overline{۲ ب}$)

سلاخوں کا طولی ارتعاش۔ اگر لکڑی کی ایک
سلاخ پر رال لگا ہوا فلالین، یا شیشے کی سلاخ پر
بھیگا کپڑا پھیرا جائے تو سلاخ میں ارتعاش پیدا
ہو سکتا ہے۔ سلاخ کے سروں کے پاس چونکہ
وہ بہ نسبت اور حصّوں کے زیادہ آزاد ہوتے ہیں
عقدوں کے ضد ہونگے۔ اور ارتعاش کی سادہ ترین
وضع میں سلاخ کے وسطی مقام پر ایک عقدہ ہوگا۔
پس اُس کا ارتعاش دونوں طرف سے کھلی نلی کی
ہوا کے مشابہ ہے جبکہ اُس سے اساسی سُر پیدا
ہوتا ہے۔ (ملاحظہ ہو شکل ۲۸۷)۔ اگر سلاخ کو کسی
مقام پر جکڑ کر اِس طرح مرتعش کرانا مقصود ہو تو واضح
ہے کہ وہ مقام وسطی ہونا چاہئے تاکہ سلاخ کے
ارتعاش میں مداخلت نہ ہونے پائے۔ سلاخ کی
مضاعف سُرتیاں چنداں اہمیّت نہیں رکھتی ہیں اِسلئے

اُن کا تذکرہ نہیں کیا جائیگا۔

طولی موج کی رفتار سلاخ پر، صفحہ ۱۱۰ کے ضابطہ یعنی $\sqrt{\frac{\text{م}}{\text{ث}}}$ سے، شمار ہوتی ہے، جہاں م ینگ کے لچک کا معیار ہے اور ث سلاخ کے مادّے کی کثافت۔ معہذا، چونکہ س = ع لہ اور لہ = ۲ ل یعنی ۲ × سلاخ کا طول (اس لئے کہ دو متصّل ضدِّ عقدوں کا درمیانی فاصلہ یہی ہے)۔ پس

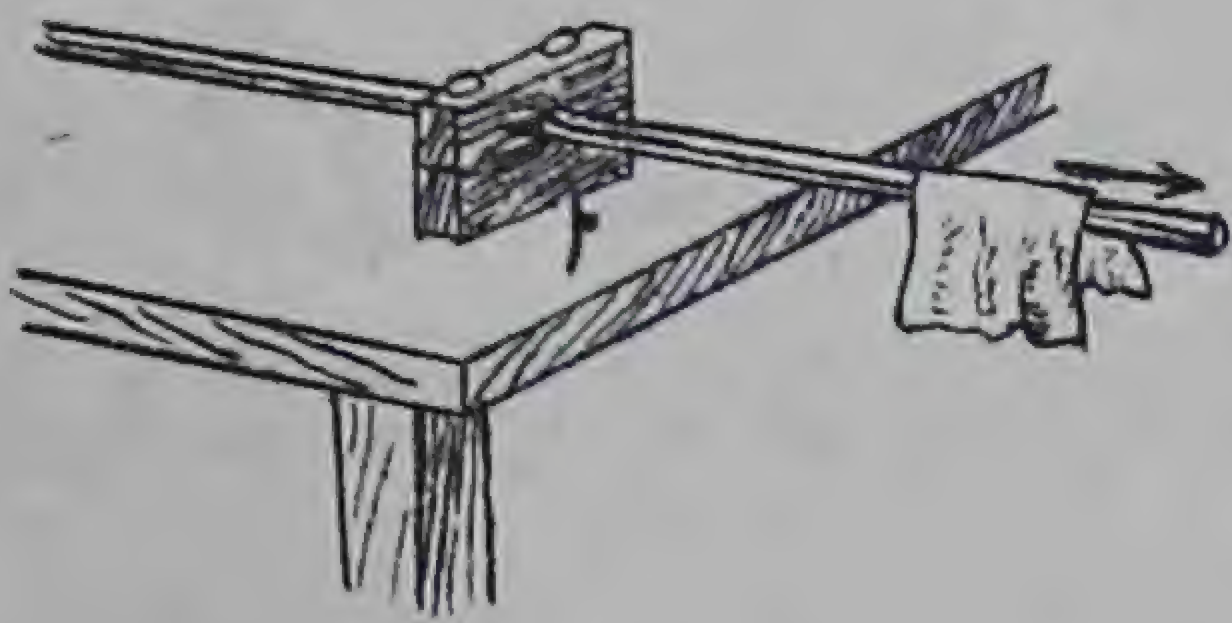
$$\text{ع} = \frac{\text{س}}{\text{۲ل}} = \frac{\text{۱}}{\text{۲ل}}\sqrt{\frac{\text{م}}{\text{ث}}}$$

مشق - ایک پیتل کی سلاخ $1\frac{1}{2}$ میتر لمبی ہے۔ اس کی کثافت ۸٫۵ گرام فی مکعب سنتی میتر اور ینگ کے لچک کا معیار اُس کے لئے $1{,}02 \times 10^{12}$ ڈائین فی مربع سم۔ بتاؤ اُس کے طولی ارتعاش کا تعدّد کیا ہوگا۔

$$\text{ع} = \frac{1}{300}\sqrt{\frac{1{,}02 \times 10^{12}}{8{,}5}} = 1154 \text{ فی ثانیہ۔}$$

اِس سے ظاہر ہے کہ سلاخوں کے طولی ارتعاش کے سُروں کا امتداد عموماً بلند ہوتا ہے۔ صفحہ (۱۱۲) پر مختلف مادّوں کی سلاخوں میں آواز کی رفتار کیا ہوتی ہے ایک جدول کے ذریعہ بتائی گئی ہے۔

تجربہ (۹)۔ ایک سلاخ میں آواز

کی رفتار کی تعیین۔ فرض کرو لکڑی یا شیشہ کی ایک سلاخ اُس کے وسطی مقام (۲) پر جکڑ دی گئی ہے دیکھو شکل (۹۳) اگر سلاخ لکڑی یا فلزی مادّے کی ہو تو فلالین پر رال لگا کر اس پر سے (زور سے دبا کر)

(شکل ۹۳)

تار کا طولی ارتعاش

پھیرو اور اگر شیشے کی ہو تو ایک بھیگا تو ال پھیرو حتّٰی کہ ارتعاش سے سُر پیدا ہو۔ صوت پیما کی غیر قائم گھوڑی کی مدد سے تار کا ایک ایسا طول دریافت کرو جو سلاخ کے ساتھ ہم سُر ہو۔ اس کا ضرور خیال رکھا جائے کہ یونیزن واقع ہو نہ کہ اوکٹیو۔ تار کا جو طول ملے اُس کو ناپ لو۔ فرض کرو کہ وہ لس ہے۔ اب گھوڑی کا مقام تبدیل کر کے دیکھو اُسی تار کا کس قدر طول ایک معلوم تعدّد کے معیاری دو شاخے کے ساتھ ہم سُر ہونے کے لئے چاہئے۔ اس کو ناپ لو اگر وہ بالفرض

$ل_د$ ہے تو

$$\frac{\text{سلاخ کا تعدّد}}{\text{تار کا تعدّد}} = \frac{ل_س}{ل_د}$$

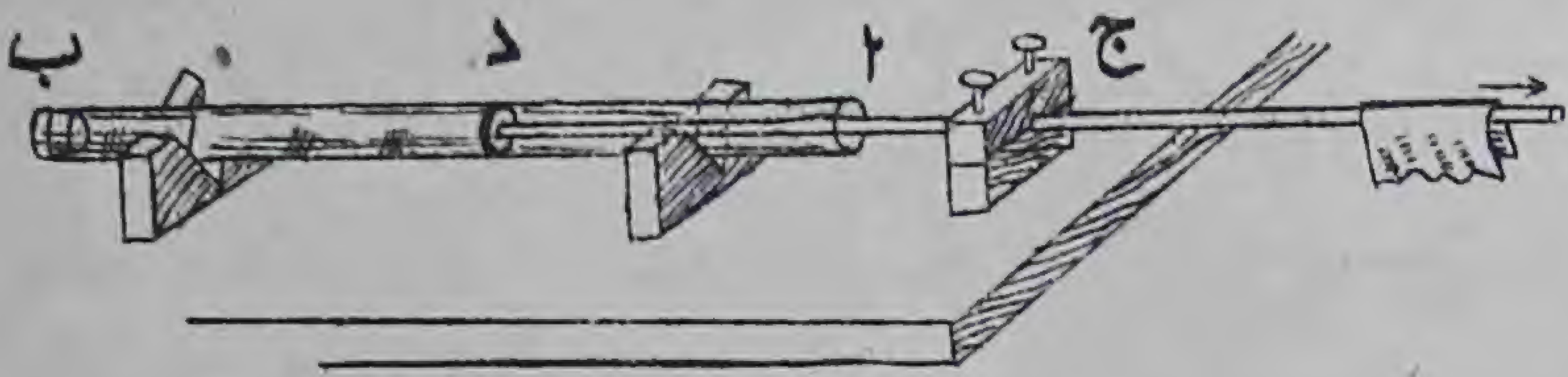
اِس نسبت سے سلاّخ کا تعدّد معلوم ہو جائیگا۔ سلاّخ کا طول ناپ کر اس کو دو سے ضرب دینے سے طولِ موج (لہ) حاصل آئے گا۔

چونکہ موج کی رفتار سلاّخ میں = ع لہ

پس اِس طرح چند مختلف مادّے کی سلاّخوں میں رفتار دریافت کرو۔

کُنٹ کی غباری شکلیں۔ ایک سلاّخ کے طولی ارتعاشون کے ذریعہ ہوا کے ایک اسطوانے کو مقیم ارتعاش کی حالت میں لاسکتے ہیں اور سلاّخ کے تعدّد کی مناسبت سے ہوا میں طولِ موج کیا ہوگا دریافت کرلیا جاسکتا ہے۔

شیشے کی ایک نلی ا ب جس کا ایک سرا (ب) بند ہے چند V شکل کے لکڑی کے کندوں پر جمائی جاتی ہے۔ دیکھو شکل (۹۴)۔ سلاّخ کا ایک سرا نلی کے مُنہ ا میں داخل کرکے سلاّخ اُس کے وسطی مقام (ج) پر شکنجہ میں جکڑ دی جاتی ہے۔ سلاّخ کے دوسرے

سرے پر، جو نلی میں داخل ہے، پٹھے یا فلز کا ایک پتلا

شکل (۹۴)

کُنٹ کی غباری شکلیں

قرص (د) مضبوط بٹھا دیا جاتا ہے۔ یہ قرص نلی کے
بازوؤں کو چھوئے بغیر، نلی کی تراش کے اکثر حصّہ
کو ڈھانپ دینا چاہئے۔ استعمال سے پہلے نلی کو گرم
کرکے پورا خشک کرلینا چاہئے۔ پھر لائیکو پوڈیم کا
سفوف اُس میں پھیلا دیا جاتا ہے۔ سلاخ پر گیلا
کپڑا دباکر پھیرنے سے اُس میں ارتعاش پیدا ہوگا
اور (د) سے پچکاؤ کی موجیں نکلکر نلی کی ہوا میں سے
گزرینگی اور (ب) پر منعکس ہونگی۔ اگر قرص (د) نلی
میں ٹھیک مقام پر ہوگا تو (ب) کے پاس ہوائی
اسطوانہ کا عقدہ واقع ہوگا اور (د) کے پاس سلاخ
کا ضدّ عقدہ۔ اور (ب) اور (د) کے بیچ میں ہوا

مقیم ارتعاش کرے گی۔

اگر یہ ارتعاش کافی زور دار ہے تو سفوف عقدے کے ضدّوں پر متوازی مینڈوں کی شکل میں جمع ہو جاتا ہے۔ ہر دستہ کی بیچ کی مینڈ کو ٹھیک عقدے کے ضد کا مقام تصور کر سکتے ہیں۔ اگر تجربہ کامیاب طریقہ پر کیا جائے تو نلی میں ایسے پانچ چھ دستے بن سکتے ہیں۔ اور اُن کا درمیانی فاصلہ ناپا جا سکتا ہے۔ [بہتر طریقہ یہ ہے کہ اس طرح پر کئی عقدوں کے ضدّوں کا فاصلہ ناپ کر اُن کی تعداد پر تقسیم کیا جائے۔ اس سے دو متصّل ضدِ عقدوں کا اوسط درمیانی فاصلہ معلوم ہو جاتا ہے۔ م] ۔ چونکہ دو متصّل ضدِ عقدوں کا درمیانی فاصلہ ہوائی ارتعاش کا نصف طولِ موج ہوتا ہے اور سلاخ کا طول سلاخ کے اُسی تعدّد ارتعاش کا نصف طولِ موج، لہٰذا

$$\frac{\text{ہوائی اسطوانہ کے دو متصّل عقدے کا ضدّونکا اوسط درمیانی فاصلہ}}{\text{سلاخ کا طول}} = \frac{\text{آواز کی رفتار ہوا میں}}{\text{،، ،، سلاخ میں}}$$

اگر ان ارتعاشوں کا تعدّد صوت پیما اور (معیاری) دوشاخے کے ذریعہ معلوم کر لیا جائے تو آواز کی رفتاریں ہوا اور سلاخ دونوں میں دریافت ہو سکتی ہیں۔

تجربہ (۱۰) آواز کی رفتار ہوا میں کُنٹ

کی غباری شکلوں کے ذریعہ ۔ شکل (۹۴) کی طرح سلاخ اور خشک نلی کو (اسمیں لائیکو پوڈیم کا سفوف پھیلا کر) ترتیب دو۔ سلاخ پر گیلا کپڑا زور سے دبا کر پھیرو ۔ اور نلی کو آہستہ بتدریج اس کے محور کے متوازی سرکاؤ ساتھ ہی اُس کو ذرا ذرا محور پر گھماتے بھی جاؤ یہانتک کہ غباری شکلیں پیدا ہو جائیں۔ سِروں پر جو عقدوں کے ضد واقع ہوں اُن کا درمیانی فاصلہ ناپ کر اُس کو اُن کی تعداد پر تقسیم کر کے اوسط طولِ موج معلوم کرو ۔ سلاخ کے سُر کا تعدّد اس کے ساتھ صَوت پیما کے تار کو ہمسُر کر کے اور پھر ایک سٹینڈرڈ دو شاخہ کے ساتھ ہمسُر کر کے، دریافت کر لو جیسا صفحہ (۲۶۲) پر بتایا گیا ہے۔ تو

آواز کی رفتار ہوا میں = ع × لہ

مئی تپش پیما پر تپش پڑھ کر رفتار صفر درجہ مئی پر شمار کرو ۔

دوسری گیسوں میں آواز کی رفتار ۔ دوسری گیسوں میں آواز کی رفتار کی تعیین کے لئے اس بات کی ضرورت ہوتی ہے کہ کُنٹ والی غباری نلی میں ہوا کو خارج کر کے، اس گیس کو داخل کرنے کے ذرائع استعمال کئے جائیں ۔ ہیڈروجن یا کاربونک ایسڈ گیس کے لئے معمولی کِپ والا آلہ کافی ہوتا ہے ۔ لیکن

داخل کرنے سے پہلے گیس کو خشک کرنے کی نلیوں میں سے گزرنے دیا جائے۔ پھر غباری شکلیں پیدا کی جائیں اور تعدد اور رفتار شمار کرلیئے جائیں۔ عام طور پر ہوا خارج کرنے سے پہلے نلی میں یہ غباری شکلیں پیدا کرلی جاتی ہیں۔ اِس کے بعد ہوا کے بجائے گیس بھر کر یہی عمل دوہرایا جاتا ہے۔ اِس طور پر گیس اور ہوا میں ایک ہی سُر کے موج کے طولوں کی نسبت دریافت ہو جاتی ہے لہذا

$$\frac{\text{آواز کی رفتار گیس میں}}{\text{〃 〃 ہوا میں}} = \frac{\text{طولِ موج گیس میں}}{\text{〃 〃 ہوا میں}}$$

بعد کو تپش کی تصیح کرلی جائے۔

آٹھویں باب کی مشقیں

(۱)۔ ایک گمک دینے والی نلی میں جس کا قطر ۲ سم ہے پانی ڈالا جاتا ہے۔ جب اُس کے ہوائی اسطوانہ کا طول ۱۵٫۵ سم ہوتا ہے تو نلی ۵۱۲ تعددِ ارتعاش والے ایک

دو شاخے سے بلند ترین گمگ دیتی ہے۔
(ا) اس سُر کا طولِ موج اور (ب) آواز کی رفتار ہوا میں دریافت کرو۔ (کیمبرج سینیر لوکل)

(۲)۔ دو ارگن نلیاں، ایک دونوں طرف سے کھلی، دوسری ایک طرف سے بند، ایک ہی سُر دیتی ہیں۔ انکے طولوں میں کیا نسبت ہے؟ ہر ایک نلی میں کون کون سی مضاعف سُرتیاں (اوورٹونیں) ہونا ممکن سمجھتے ہو بتاؤ۔

(۳)۔ گیسوں میں آواز کی رفتار پر تپش اور کثافت کا کیا اثر ہے بیان کرو
ایک سیٹی کو ۱۸°م تپش پر بجاتے ہیں تو اُس سے ایک تعدّد کا سُر پیدا ہوتا ہے۔ کیا تپش ہونی چاہئے تا کہ اُس کے سُر کا تعدّد اب پہلے تعدّد کا $\frac{9}{8}$ ہوجائے۔ (ل۔ ی۔)

(۴)۔ گمگ کے ذریعہ ہوا میں آواز کی رفتار دریافت کرنے کا کوئی طریقہ بیان کرو۔ (ل۔ی۔)

(۵)۔ ارگن نلی سے جو سُر نکلتے ہیں اُن کے تعدّد ہوا کی تپش کے کس طرح تابع ہیں؟ ایک ارگن نلی جس کا سُر صبح کے وقت

۱۵°م تپش پر، ۲۵۶ تعدّد کے سُر کے ساتھ ملایا گیا تھا، شام میں زور سے پھونکتے ہیں، تو اُس سے ۵۱۶ تعدّد کا سُر نکلتا ہے۔ دریافت کرو اُس وقت تپش کیا تھی، اور نلی کس قسم کی تھی۔ (ل۔ی۔)

(۶)۔ دو ارگن نلیاں تین تین فٹ لمبی ہیں۔ ان میں سے ایک، دونوں طرف سے کُھلی ہے اور دوسری، ایک طرف سے بند۔ جب ہوا میں آواز کی رفتار ۱۱۲۰ فٹ فی ثانیہ ہو اُس وقت اگر اُن کو پھونکیں تو اُن کے اساسی سروں، اور خاص خاص سُرتیوں، کے تعدّد کیا ہونگے؟

(۷)۔ تپش کی تبدیلی کا (ا) ایک ارگن نلی کے، (ب) ایک سُر پیدا کرنے کے دو شاخے کے، امتداد پر کیا اثر پڑتا ہے؟

۳ فٹ لمبی ایک ارگن نلی کے امتداد میں، ۱۰°م سے ۱۵°م تپش کی تبدیلی سے، کیا تغیّر واقع ہوتا ہے شمار کرو۔ (ل۔ی۔)

(۸)۔ اگر (ا) ایک ارگن نلی میں، (ب) ایک سُر کے دو شاخہ کے گرد، بجائے ہوا کے ہیڈروجن گیس بھر دی جائے تو، بتاؤ امتداد اور

طولِ موج میں، اگر کچھ تغیّر واقع ہوتا ہے تو کیا ہوتا ہے۔ بہر صورت وجوہ بھی بیان ہوں۔ (ل۔ ی۔)

(۹)۔ ایک ایسا تجربہ بیان کرو جس میں، دیگر امور کے ذریعہ، یہ ثابت ہوتا ہے کہ آواز کوئلے کی گیس میں بہ نسبت ہوا کے زیادہ تیز رفتار سے گزرتی ہے۔ اِن رفتاروں کی نسبت دریافت کرنے کے لئے کن چیزوں کی پیمائش کی ضرورت ہوگی۔ (ل۔ی۔)

(۱۰)۔ ایک ارگن نلی سے ۱۲۰ تعدّد کا ایک اساسی سُر نکلتا ہے۔ زیادہ قوّت کیساتھ پھونکنے سے، اس سے ۲۴۰ تعدّد کا ایک سُر برآمد ہوسکتا ہے۔ آیا وہ بند نلی ہے یا کھلی؟ جواب کے ساتھ وجوہ بھی بیان ہوں۔

(۱۱)۔ "ضربوں" کی پیدائش کس طرح ہوتی ہے؟

ایک ارگن نلی ۲ فٹ ۹ انچ لمبی ہے اور دوسری اُس سے آدھا انچ زیادہ لمبی۔ اِن کو ایک ساتھ پھونکتے ہیں تو فی ثانیہ تین ضربیں سنائی دیتی ہیں۔ دریافت کرو

مشاہدہ کے وقت ہوا میں آواز کی رفتار کیا ہو گی۔ (ل۔ی۔)

(۱۲)۔کسی مقررہ تعدد کی آواز کے ہوائی طولِ موج پر تپش کا اثر دریافت کرنے کے لئے کوئی تجربہ بیان کرو۔ (ل۔ی۔)

(۱۳)۔ ہوا کا ایک اسطوانہ اور سُر پیدا کرنے کا ایک دو شاخہ جب مِلکر ارتعاش کرتے ہیں تو ۴ ضربیں فی ثانیہ سنائی دیتی ہیں۔اِن دونوں میں دو شاخہ کا سُر نیچا ہے اور ہوا کی تپش ۱۵°م ہے۔جب تپش ۱۰°م پر آتی ہے تو دونوں آوازوں کے تداخل سے فی ثانیہ ۳ ضربیں پیدا ہوتی ہیں۔ دو شاخہ کا سُر دریافت کرو۔ (ل۔ی۔)

(۱۴)۔ مختلف سازوں پر ایک ہی امتداد اور بلندی کے سُر بجاتے ہیں تو اُن کی کیفیتوں میں نمایاں فرق محسوس ہوتا ہے اُس کے اسباب کیا ہیں؟ کھُلی نلی کے سُر اور بند نلی کے سُر میں کیا فرق ہے؟ (ل۔ی۔)

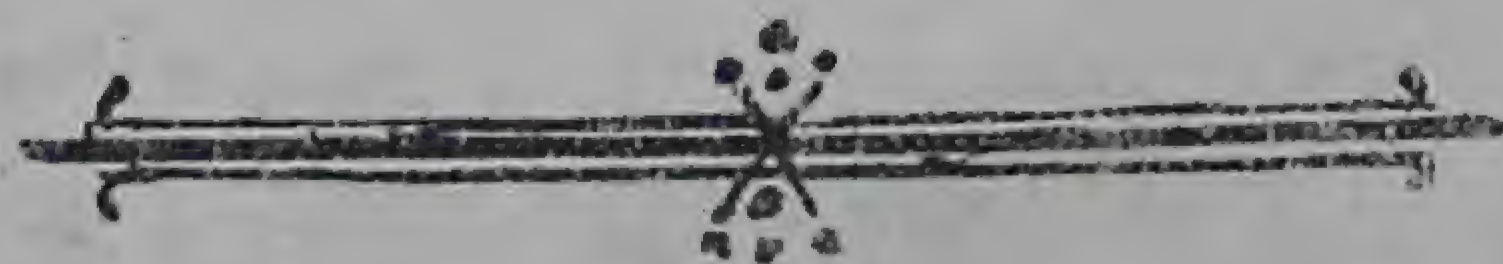
(۱۵)۔آواز کا انعکاس بالترتیب بند منہ اور کھُلے مُنہ کی نلیوں میں کیونکر ہوتا ہے عام طور پر

سمجھاؤ اور ان میں فرق کیوں ہوتا ہے اُس کے
وجوہ بیان کرو۔ (کلیّہ الہ آباد)

(۱۶)۔ جب قریب قریب مساوی سُر کے دو دو شاخے ایک ساتھ ارتعاش کرتے ہیں تو اُن سے ضربیں کس طرح پیدا ہوتی ہیں سمجھاؤ۔
دو کھلی نلیاں (بغیر قور کی) دونوں ۴ میتر لمبی لیکن ایک کا قطر ۱۲ سم اور دوسرے کا ۲۴ سم ہے، جب مِلکر آواز دیتی ہیں تو کچھ ضربیں پیدا ہوتی ہیں دریافت کرو ان کو ہمسُر کرنے کے لئے کس نلی کو کسقدر چھوٹا کرنا چاہیئے۔
آواز کی رفتار (ہوا میں) ۳۴۰ میتر فی ثانیہ ہے اور سرے کی تصحیح = ۰،۵ ط جبکہ ط نلی کی عمودی تراشں کا نصف قطر ہے۔
(کلیّہ مدراس)

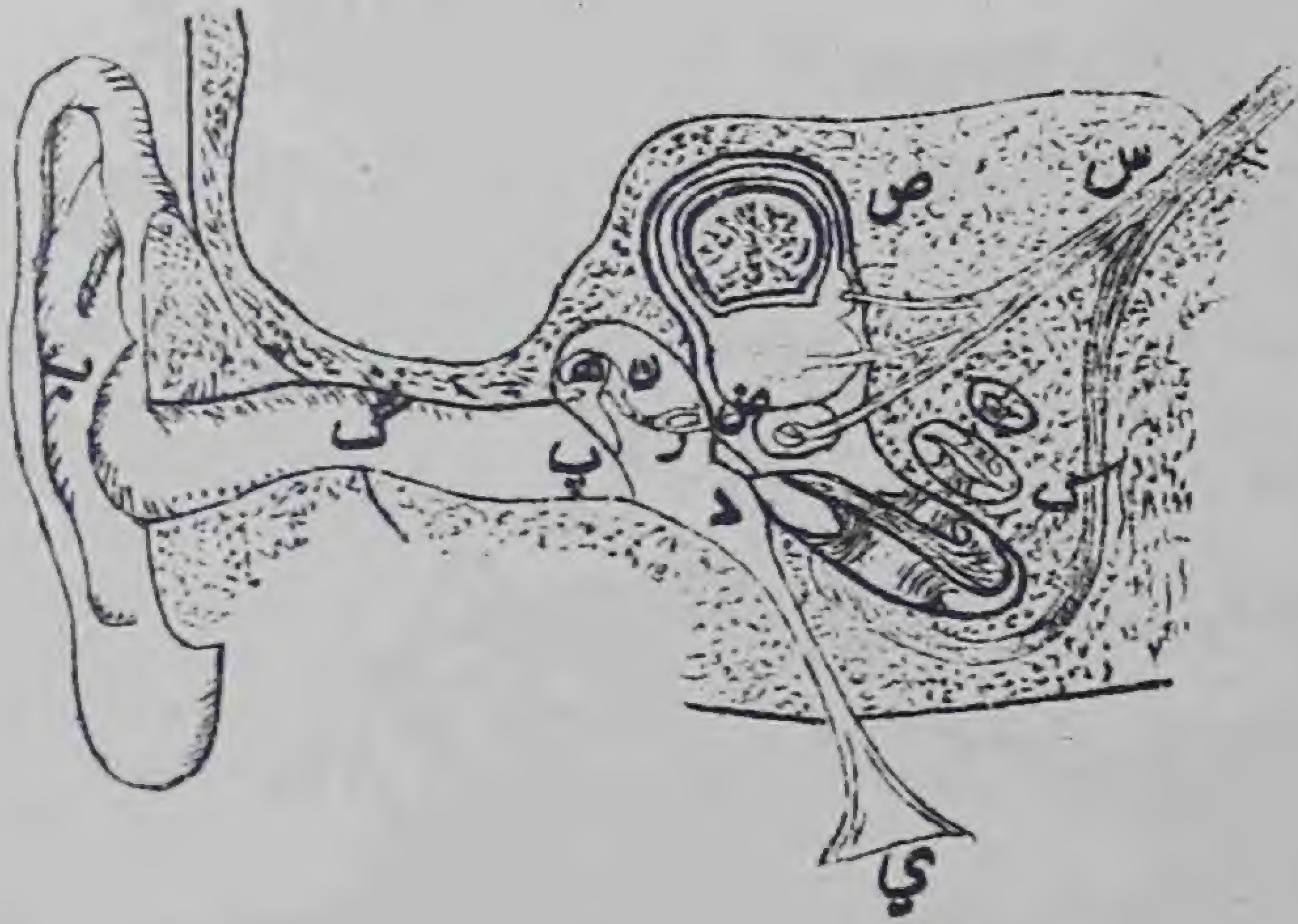
(۱۷)۔ ہوا میں جب ایک موسیقی موج کسی استوار دیوار سے ٹکراتی ہے تو انعکاس کس طرح ہوتا ہے سمجھاؤ۔ ثابت کرو کہ تکثیف انعکاس کے بعد تکثیف رہتی ہے اور تلطیف تلطیف۔

(۱۸)۔ بند اور کُھلی ارگن نلیوں کی ہوا کے

ارتعاش کے ممکن طریقوں کا، ایک دوسرے
سے مقابلہ کرو۔
ایک بند اور ایک کھلی نلی کے طولوں میں
کیا نسبت ہونی چاہئے تاکہ کھلی نلی کی تیسری
مضاعف سُرتی (اوور ٹون) بند نلی کی دوسری
مضاعف سُرتی کے ساتھ ہمسُر ہو؟ (ل۔ ی۔)
(۱۹)۔ نلی کے کھلے سرے کے پاس ہوائی معج
کا انعکاس کس طرح ہوتا ہے اس کی توضیح کیلئے
شکلیں کھینچو۔ اس کی کیا وجہ ہے کہ یہاں
تکثیف کے انعکاس سے تلطیف اور تلطیف
کے انعکاس سے تکثیف وقوع میں آتی ہے؟
(۲۰)۔ جب سُر پیدا کرنے کے ایک دوشاخہ
کے ارتعاش سے ہوا میں، آگے کو بڑھنے
والی آواز کی، موجوں کا، ایک سلسلہ پیدا ہوتا
ہے تو اُس سے کیا حرکتیں وقوع میں آتی ہیں
بیان کرو۔ اور بتاؤ عام خصوصیات کے لحاظ
سے اِن میں اور اُن مقیم موجوں میں، جو ایک
گمک دینے والی نلی میں پائی جاتی ہیں، کیا
فرق ہے۔

نواں باب

کان اور موسیقی آلات

انسان کا کان - چونکہ کان ایک ایسا عضو ہے جس کے باعث آواز کا احساس ہوتا ہے اس لئے یہاں طبیعیات کے نقطۂ نظر سے اُس کا مختصر بیان لکھا جاتا ہے۔ کان کے تین واضح حصّے کئے جا سکتے ہیں: کان کا بیرونی حصہ، جس میں آواز کی موجیں جمع ہوتی ہیں۔ وسطی حصہ یا سماخ گوش جو ارتعاشوں کو بیرونی حصّے سے سمیٹ کر اُس کے اندرونی حصّے یا لابیرنتھہ (یعنی اُلجھن)

میں منتقل کرتا ہے۔ ان کی اضافی وضعیں شکل ۹۵

شکل (۹۵)
گوش انسانی کی تراش (سکشن)

کے معائنہ سے، جو کان کی تراش کا نقشہ ہے، معلوم ہوسکتی ہیں۔

(ب) کان کا وہ حصہ (کونکا) ہے جو سر کے باہر ہوتا ہے۔ اس کا فعل ایک قیف کا سا ہوتا ہے جس کا تنگ سرا بیرونی اوڈیٹری میٹس (رہگزر سماعت گ) کے پاس پہنچتا ہے۔ یہاں اس کو پردہ (پ)، ٹمپینک ممبرین، ڈھانپ دیتا ہے۔ غلطی سے اسکو کان کا ڈرم کہتے ہیں۔ حقیقی ڈرم اس

جوف کا نام ہے جس کا بیرونی پہلو ٹمپینک ممبرین سے محدود ہے، اور اندرونی پہلو باستثناء دو مقاموں (ض اور د) کے، جن پر سے جھلّیاں مڑی ہوی ہوتی ہیں، استخوانی دیواروں سے محدود ہے (ض) فنسٹرا او والس (بیضاوی دریچہ) کہلاتا ہے، اور (د) فنسٹرا روٹنڈا (دائری دریچہ)۔ ڈرم کو حلق کے اوپر کے حصّہ سے بھی یوسٹیشین نلی (ئ) کے ذریعہ راستہ ہے۔ اِس کی وجہ سے ٹمپینک جھلّی کے دونوں بازو ہوا کے دباؤ میں مساوات قائم رہتی ہے۔

پچکاؤ کی موجیں جب ٹمپینک جھلّی کے پاس پہنچتی ہیں تو اُن کو قسری ارتعاش ہوتا ہے۔ یہ ارتعاش تین چھوٹی ہڈیوں کے ذریعہ، جن کو باہمدگر جوڑ ہوتا ہے، آگے کی طرف منتقل ہوتا ہے۔ مالیوس (ہتوڑا) ھ ٹمپینک جھلّی سے لگا ہوا ہوتا ہے۔ انکوس (سنداں یا نہائی) ن ہتوڑے سے متحرک ہوکر تیسری ہڈی سٹیپس (رکاب) کو حرکت دیتا ہے۔ رکاب کا قاعدہ ایک چھوٹی بیضاوی جھلّی (ض) سے لگا ہوتا ہے۔ یہ لابیرنتھ یعنے الجھن کی ایک سرحد ہے۔ اُلجھن نالیوں کا ایک پیچیدہ مجموعہ ہے جو کھوپڑی کے سخت استخوانی

حصہ کے اندر واقع ہوتا ہے۔ وہ مشتمل ہے تین نصف دائری شکل کی نالیوں پر، جن میں سے ایک کی تراش ص کے پاس بتائی گئی ہے، اور ایک لمبی نالی پر جو کوکلیہ کہلاتی ہے اور جس کی تراش ک کے پاس بتائی گئی ہے۔ کوکلیہ کی ایک سرے سے دوسرے سرے تک ایک لمبی اوٹ سے تقسیم ہوئی ہے جس میں سماعت کی عصب (س) کے ایک حصہ کی شاخیں ختم ہوتی ہیں۔ نالیوں میں ایک سیّال مادہ (لِمف) ہوتا ہے جو بیضاوی دریچہ سے لیکر، نصف دائری نالیوں میں سے ہوتے ہوئے کوکلیہ کے ایک پہلو کے اوپر سے ہوکر، دوسرے پہلو کے نیچے آتا ہے اور آخر میں جلکر دائری دریچہ د میں ختم ہوتا ہے۔ وضاحت کی غرض سے نقشہ میں نالیاں بڑی بنائی گئی ہیں۔ حقیقت میں وہ بہت چھوٹی ہوتی ہیں۔

پس اِس سے معلوم ہوگا کہ بیضاوی دریچہ (جھلّی) کے ارتعاش سے موجیں پیدا ہوتی ہیں جو لِمف میں سے ہوکر لابیرنتھ کے پیچوں میں سے گزرتی ہیں۔ اس عمل سے اُن اجسام کو حرکت ہوتی ہے جن میں سماعت کی عصب کی شاخیں واقع ہوتی ہیں۔ اور اِسی سے آواز کا احساس ہوتا ہے۔

اِس عصب کے سرے نہایت پیچیدہ بناوٹ کے حصّوں میں واقع ہوتے ہیں اور ہنوز سماعت کا عمل اچھی طرح سمجھ میں نہیں آیا ہے۔ نالیوں، اور کوکلیہ، اور اُن میں عصب سماعت کی شاخوں کی تقسیم، کے متعلق اگر طالبِ علم مزید معلومات حاصل کرنا چاہتا ہے تو اناٹومی کی کتابیں دیکھے۔

سارنگی۔ یہ "چار ڈوری" ساز: سارنگی یعنے (وایولن) وایولہ۔ وایولونچیلو۔ اور ڈبل بیَس۔ سبھوں کی وضع ایک ہوتی ہے ان میں اور تمام دوسرے موسیقی سازوں میں یہ امتیاز ہے کہ اِن کے ڈوروں کو کمان رگڑ کر مرتعش کرتے ہیں۔ سارنگی میں پ، دھ، ر اور گ سُروں کے چار ڈور ہوتے ہیں جن میں سے پ والا ڈور ایک موٹی تانت کا ہوتا ہے اور وہ تانبے کا باریک تار نزدیک نزدیک لپیٹ کر وزنیں بنایا جاتا ہے۔ دھ، ر اور گ، والے ڈورے سادی کم وزن تانت کے ہوتے ہیں۔ اِس ترتیب سے ڈوروں کے تناو میں زیادہ قریب کی مساوات پائی جاتی ہے بہ نسبت اُس صورت کے جبکہ سب ڈوروں کی موٹائی ایک ہوتی۔

سارنگی کا سُر کھونٹیوں (ک) کے ذریعہ درست کیا جاتا ہے۔ ڈورے گھوڑی (گ) پر سے

تانے جاتے ہیں۔ (شکل ۹۶)۔ انگلیوں سے ڈوروں کو ایک تختہ (ت) پر، مناسب موقعوں پر حسب ضرورت دبا کر مختلف سُر پیدا کرتے ہیں۔

سارنگی کا شکم پتلی لکڑی کا بنا ہوا بول بکس ہے۔ تاروں کے ارتعاش سے بکس کی دیواریں، زیادہ تر گھوڑی (گ) کے توسط سے (جس پر سے تار تانے جاتے ہیں)، مرتعش ہوتی ہیں۔ تاروں کو، گ اور ت کے درمیاں کے کسی مقام پر کمان سے رگڑ کر ارتعاش میں لایا جاتا ہے۔ چونکہ سارنگی کے جسم کی شکل پیچیدہ ہوتی ہے اُس کی سُرتی، سادے تختہ پر تانے ہوئے ڈورے یا تار کی سُرتی سے مختلف ہوتی ہے۔ بکس کی دیواروں کے ارتعاش قسری ہوتے ہیں اِس لئے کہ ڈورے سے جو کوئی بھی سُر نکلتا ہو یہ اس کا ساتھ دیتی ہیں۔ لیکن سب ارتعاش قسری نہیں ہوتے، بعض مضاعف سُرتیاں بہ نسبت دوسروں کے زیادہ بلند ہوتی ہیں۔ اس لئے کہ سارنگی کے سُر کی کیفیت بالکل اُس کے جسم کی بناوٹ کے تابع ہوتی ہے۔

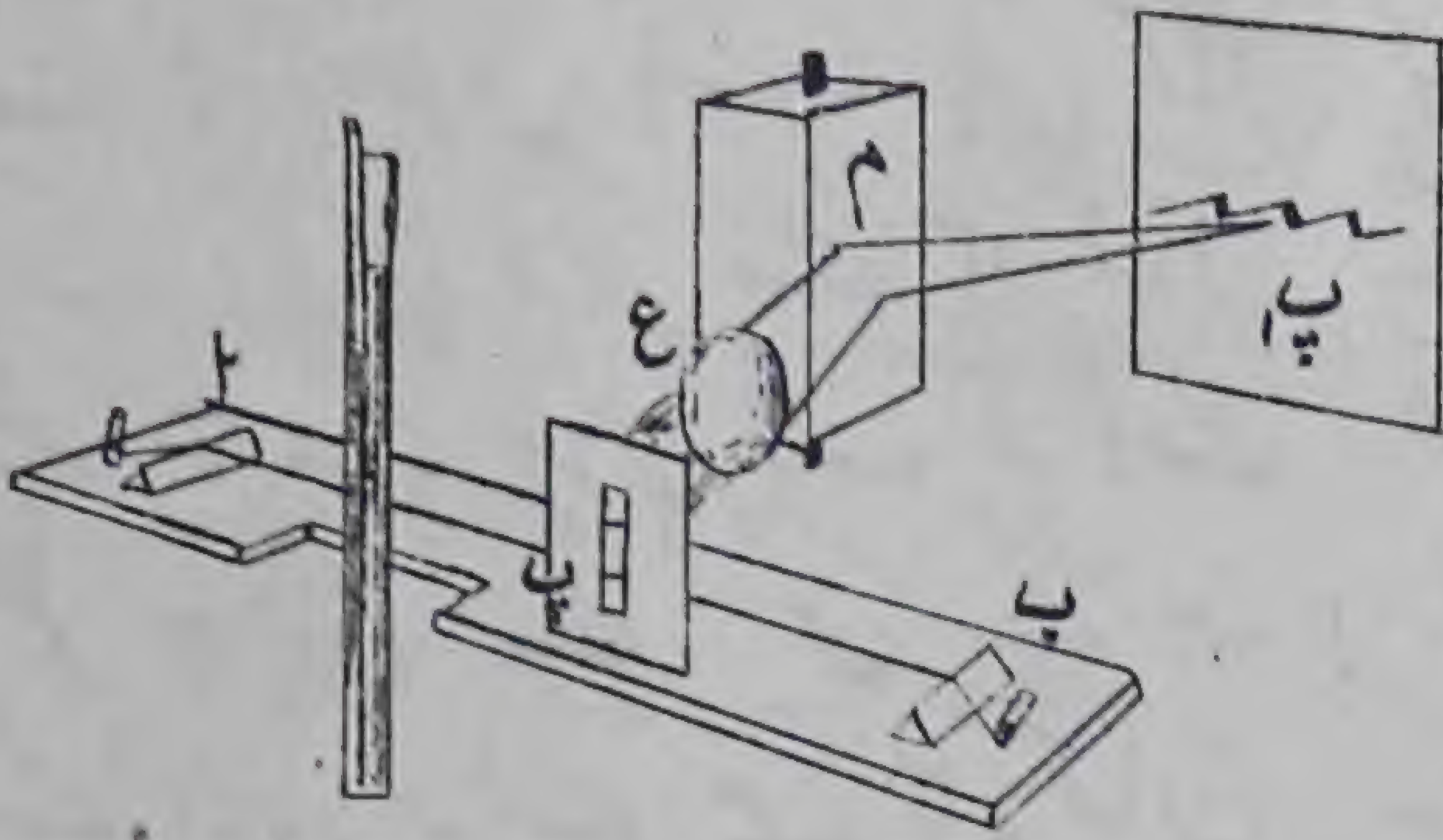
شکل (۹۶)
سارنگی

جسم کے پیچیدہ ارتعاش کی وجہ سے، اُس کی بناوٹ سے متعلق کوئی باضابطہ قواعد مرتب نہ ہوسکے۔ بنانے والے کو تجربہ سے جو طریقہ بہتریں ثابت ہوتا ہے اسی پر عمل کرتا ہے۔

کمان سے ڈورے یا تار کا ارتعاش۔

تار کو جب کمان سے رگڑتے ہیں تو اس کا ارتعاش خاص وضع کا ہوتا ہے۔ اس لئے کہ وہ سادہ موسیقی نہیں ہوتا۔ تار کو کمان کے بالوں سے آڑا رگڑنے سے اُس میں ارتعاش پیدا ہوتا ہے۔ رگڑ زیادہ ہونے کے لئے بالوں پر رال گھس دیتے ہیں۔ جب تک کمان اور تار میں اضافی حرکت نہیں ہوتی (یعنے کمان تار کے ساتھ مساوی حرکت کرتی ہے)

رگڑ زیادہ ہوتی ہے بہ نسبت اُس حالت کے جبکہ کمان تار پر سے پھسل جاتی ہے۔ (ملاحظہ ہو علم الحرکت کا تیرھواں باب)۔ پس کمان کو تار پر سے کھینچنے سے رگڑ کی وجہ سے تار کمان کے ساتھ آڑا کھینچے آتا ہے یہاں تک کہ قوّت مدافعت بڑھتے بڑھتے اعظم ہوجاتی ہے، اُس کے بعد پھسلنا شروع ہوتا ہے ایسی حالت میں تار کمان کے نیچے سے پھسل کر آدھا ارتعاش انجام دیتا ہے۔ پھر وہ کمان کی جانب حرکت کرنے لگتا ہے اور کمان سے گرفت پیدا ہوکر اُس کے ساتھ آگے کو کھینچے آتا ہے۔ اور یہی عمل دوہرایا جاتا ہے۔

کمان سے رگڑے ہوئے تار کی اِس عجیب حرکت کا یوں معائنہ ہو سکتا ہے:۔ تار اب (شکل ۹۷) کو انتصابی مستوی میں کمان سے رگڑتے ہیں۔ اُس کے ایک حصّہ کے محاذی ایک پردہ (پ) رکھا جاتا ہے جس میں ایک تنگ انتصابی درز تراشا ہوا ہوتا ہے۔ درز کے پیچھے ایک برقی قوسی چراغ رکھنے سے درز اور تار کے حصہ پر تیز روشنی پڑتی ہے۔ عدسہ (ع) کے ذریعہ اِن کا خیال پردہ (پ۱) پر بنتا ہے۔

شکل (۹۷)

کمان سے رگڑے ہوئے تار کی حرکت کا مظاہرہ

پردہ پر آنے سے پہلے روشنی ایک گھومتے آئینے (م) پر پڑتی ہے جو شکل (۷۴) کے آئینہ کے مشابہ ہے۔ جب تار کو کمان سے رگڑتے نہیں ہیں تو اُس کا خیال پردہ پر ایک سیدھے افقی خط کی شکل میں کھینچا ہوا نظر آتا ہے۔ لیکن جب اس کو کمان سے رگڑتے ہیں تو خیال جا بجا مخالف سمتوں میں مڑے ہوے خط کی شکل میں دکھائی دیتا ہے جس کا ہر ایک حصہ سیدھا ہوتا ہے۔ پس اس سے ظاہر ہے کہ تار کا ارتعاش خالص سادہ موسیقی نہیں ہوتا ہے اگر ہوتا تو اُس کا خیال پردہ پر

جیسی منحنی کا سا نظر آتا۔

ہوائی ساز۔ کئی اقسام کے موسیقی ساز اِس فہرست میں شریک کئے جاسکتے ہیں۔ اِن سب میں آواز دینے والی چیز ہوا کا اسطوانہ ہوتی ہے۔ چھوٹے سازوں مثلاً بانسلی کے ہوائی اسطوانہ کا طول اِس طرح بدلتے ہیں کہ نلی پر محور کے متوازی چھوٹے سوراخوں کی جو قطار ہوتی ہے ان میں سے چند کو حسبِ ضرورت کھولتے اور بند کردیتے ہیں۔

پیتل کے سازوں (مثلاً ٹرمبون یا ترہی) کی نلی کا طول خود بدلدیا جاسکتا ہے۔ ارگن نلیوں کا طول نہیں بدلا جاتا مگر مقرر امتداد کی نلیوں کا ایک مجموعہ تیّار رکھا جاتا ہے۔ پس اِس لحاظ سے ارگن نلی میں پیانو کی طرح، ایک غیر متبدّل کی بورڈ، (یعنی سُر تختہ) ہوتا ہے۔ اِس کے ہوائی اسطوانہ کو ارتعاش میں لانے کے دو مخصوص طریقے ہیں جو ذیل میں یکے بعد دیگرے بیان ہونگے:۔

فلُو پائپ (چمنی نما نلی)۔ ہَوا نلی میں (۲) کے پاس (شکل ۹۸) داخل ہوتی ہے اور درز (ب) سے ایک باریک چادر کی شکل میں نکل کر تیز دھار (ج) سے ٹکراتی ہے۔ ہوائی اسطوانہ کا ارتعاش جاری رکھنے کے لئے جو توانائی درکار ہے، (۲) کے پاس داخل

ہونے والی ہَوا کے دباؤ سے بہم پہنچائی جاتی ہے۔
اِس کے سمجھنے کے لئے کہ ہَوا کی دہار اسطوانہ کے مقیم ارتعاش کو کس طرح جاری رکھتی ہے، دیکھو جب باہر کی ہَوا نلی کے سرے (ب) سے نلی کے اندر داخل ہوکر تکثیف پیدا کرتی ہے (۲) سے آنیوالی ہَوا کی دہار اس کی وجہ سے، نلی کے اندر داخل ہوتی ہے، اسلئے نلی کی ہَوا کی تکثیف میں اور ترقی ہوتی ہے۔ جب ہَوا تلطیف پیدا ہوتے وقت نلی کے اندر (ب) سے خارج ہوتی ہے، (۲) سے آنے والی دہار اُس کے اثر سے، باہر کی طرف پلٹ جاتی ہے۔ اِس لئے بلحاظ مسئلہ برنولی (علم الحرکت کا اکیسواں باب) نلی کی ہَوا کی تلطیف اور بڑھ جاتی ہے۔ پس ہَوا کی دہار سے نلی کا ارتعاش جاری رہنا واضح ہے۔ یہ بھی ظاہر ہے کہ جس سرے پر دہار عمل کرتی ہے نلی کا کُھلا سرا تصوّر ہونا چاہئے۔

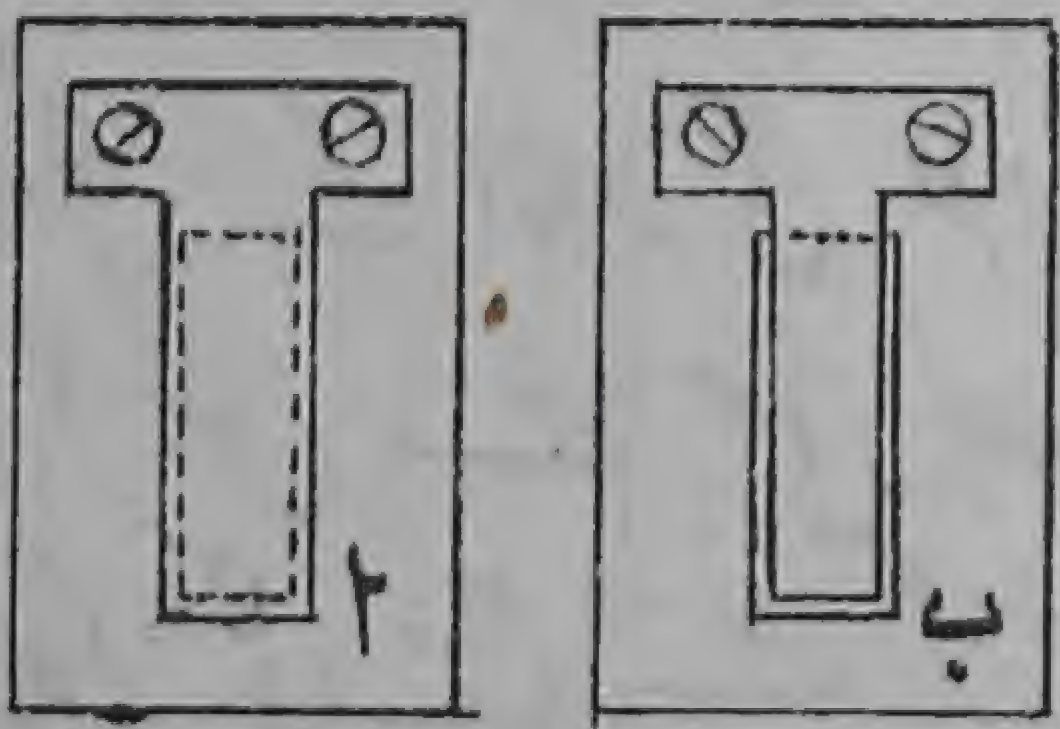
ج
ب
۲

شکل (۹۸)
فلُو پائیپ

جو کچھ اوپر بیان ہوا حرکتوں میں استقلال کی حالت قائم ہو جانے کے بعد کی حالت سے متعلق ہے۔ دہار کے اثر سے نلی سے آواز شروع کیسے ہوتی ہے اس کا سمجھنا چنداں آسان نہیں ہے۔ گمان غالب یہی ہے کہ دہار کی سمت کے تشاکل میں نقص ہونے یا کسی عارضی اثر سے، دہار شروع ہوتے وقت یا تو ذرا سا نلی کے اندر کی طرف مڑتی ہے یا ذرا سا باہر کی طرف، جس سے پہلی صورت میں، خفیف سی تکثیف پیدا ہو کر نلی میں سے گزرنے لگتی ہے، اور دوسری صورت میں، خفیف سی تلطیف۔ ایک بار حرکت شروع ہو جانے کے بعد دہار کے عمل سے اس میں اضافہ ہونے لگتا ہے یہاں تک کہ، ایک مقررہ وقت میں، نلی کے ہوائی اسطوانے کو دہار سے جس قدر توانائی وصول ہوتی ہے، سب کی سب، موجوں کے اشعاع سے، جو نلی کے دوسرے سرے سے نکلتی ہیں، زائل ہو جاتی ہے۔

ریڈ پائیپ (پتی کے ذریعہ ارتعاش کرنیوالی نلی یا نَے)۔ ارگن نلی کی پتی ایک لچکدار فلزی پتی ہوتی ہے جو نلی میں ہوا داخل ہونے کے سوراخ کو پورا یا تقریباً پورا ڈھانپ دیتی ہے۔ جو پورا ڈھانپتی ہے دھڑکنے والی پتی (بیٹنگ ریڈ)

کہلاتی ہے۔ شکل (۹۹) ۲۔ جو تقریباً پورا ڈہانپتی ہے آزاد پتّی (فری ریڈ) کہلاتی ہے۔

دھڑکنے والی پتّی ہمیشہ باہر کی طرف مڑی ہوئی ہوتی ہے (یعنے اُس کا انحناء سوراخ کے باہر کی جانب ہوتا ہے) اس لئے کہ جب اس پر ہوا کا دباؤ پڑتا ہے تو وہ سوراخ کو بتدریج ڈہانپتی ہے۔ پہلے پتّی کے جکڑے ہوئے سرے کے پاس کا حصّہ دیتا ہے اور پھر آخر میں اُس کا آزاد سرا۔ اگر وقت واحد میں پتّی سب سوراخ کو ایک سرے سے لیکر دوسرے سرے تک ڈہانپ دے تو آواز بڑی کرخت پیدا ہوگی۔

ب ۲

شکل (۹۹)

ارگن نلی کی پتّیاں

جب ہوا کی کمرے (ک) میں رسائی ہوتی ہے (شکل ۱۰۰) پتّی سوراخ کو بند کرنے سے پہلے ہوا کا کچھ حصّہ پتّی کے کناروں کے بازو سے سوراخ میں گھس جاتا ہے جس سے تکثیف پیدا ہوکر نلی میں اوپر کی جانب روانہ ہوتی ہے اور پھر کھلے سرے کے

پاس منعکس ہوتی ہے۔ بعد انعکاس تلطیف کی شکل میں (صفحہ ۲۸۷) واپس لوٹ کر نلی کے نیچے کے سرے پر پہنچتی ہے تو نلی کے اندرونی اور بیرونی دباؤ کے تفاوت کی وجہ سے پتّی ہنوز سوراخ کو ڈھانپے رکھتی ہے۔ اِس سرے پر تلطیف منعکس ہوکر تلطیف ہی کی شکل میں واپس لوٹتی ہے۔ پھر نلی کے اوپر والے (کھلے) سرے پر جاکر تکثیف کی شکل میں واپس آتی ہے۔ جب یہ کیفیت پتّی کے پاس پہنچتی ہے تو پتّی کی دونوں سطحوں (اندرونی اور بیرونی) پر دباؤ مساوی ہوتے آتا ہے۔ پس پتّی کی لچک اس کو سوراخ پر سے سرکا دیتی ہے اور جب سُوراخ کھل جاتا ہے تو ہوا کی مزید مقدار نلی میں داخل ہوتی ہے۔ اور یہ عمل اِسی ترتیب سے دوہرائے جاتے ہیں۔ پتّی کے پہلے چند اہتزاز کے بعد ارتعاش

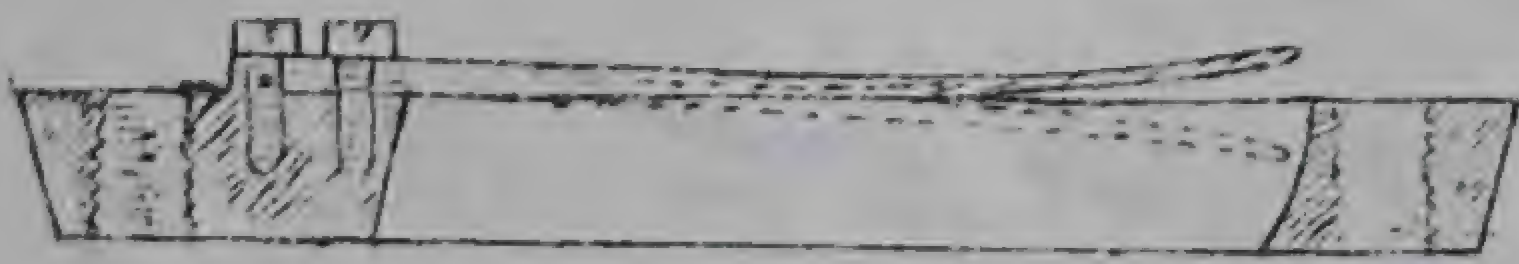
شکل (۱۰۰)
ریڈ پائیپ یا نَے

کی حالت میں استقلال پیدا ہوجاتا ہے۔ چونکہ پتّی کے پاس تلطیف منعکس ہوکر تلطیف ہی پیدا ہوتی ہے اور تکثیف کے انعکاس سے تکثیف اس لئے دھڑکنے والی پتّی کا عمل بند سرے والی نلی کے مشابہ ہوتا ہے۔ آزاد نلی کا عمل اتنا صاف سمجھ میں نہیں آتا۔ جب اس کو ارتعاش ہوتا ہے تو اس سے ایک بار سوراخ بند ہوتا ہے اور دوسرے بار کھل جاتا ہے۔ جس کی وجہ سے ہوا نلی کے اندر مساوی وقفوں سے داخل ہوتی ہے آزاد پتّیاں اب انگریزی ارگن نلیوں کے ساتھ استعمال نہیں کی جاتیں۔ لیکن ہارمونیم اور امریکن ارگن نلیوں میں مستعمل ہیں۔ ان سازوں میں کوئی نلی نہیں ہوتی، جو سُر پیدا ہوتا ہے صرف پتّی سے ہوا کی دھار کے رکنے پر موقوف ہوتا ہے۔ ارگن کے ساتھ جب پتّی استعمال کی جاتی ہے، ہوائی اسطوانے اور پتّی میں باہمدیگر تعامل ہوتا ہے اور جو سُر اس سے حاصل ہوتا ہے دونوں کے اثر سے پیدا ہوتا ہے۔

شکل (۱۰۱) میں ایک آزاد پتّی بتائی گئی ہے۔ اس کے دیکھنے سے معلوم ہوگا کہ ہوا معتدبہ مقدار

میں صرف اُسی وقت نلی کے اندر داخل ہوتی ہے جبکہ پتّی سوراخ کے باہر کی طرف حرکت کرتی ہے۔ اگرچہ پتّی اور سوراخ کے بیچ میں جو تھوڑی سی جگہ کھلی رہتی ہے اس میں سے بھی ہوا کا اندر داخل ہونا ممکن ہے۔ ہارمونیم میں اسی وضع کی پتّی کا استعمال ہوتا ہے۔

نلیوں اور پتّیوں کے سُر ٹھیک کرنے کے طریقے۔ بند نلیوں کو ان کے اوپر والے سُر کے پاس ایک ڈاٹ (پلنجر) کے ذریعہ بند کرتے ہیں، جس کو ذرا سا اوپر یا نیچے کی طرف سرکانے سے ہوائی اسطوانے کا عملی طول بدل جاتا ہے۔ کھلے سروں کی نلی کے اوپر والے سرے پر بعض اوقات ایک لچک دار فلزی ڈھکنا یا سرپوش ہوتا ہے، جس کو نلی کے سرے پر دبانے سے سر میں خفیف سی پستی پیدا ہوتی ہے۔ بعض اوقات اس سرے کے پاس سوراخ بنا دیئے جاتے ہیں جن کو ڈھکنوں یا سرپوشوں سے حسبِ ضرورت بند کر سکتے ہیں۔ اگر نلی فلزی ہو تو اُس کے سرے کو کسی قدر باہر کی طرف پھیلا دیکر سُر کو اونچا کر سکتے

ہیں اور جب سُر کو نیچا کرنا مقصود ہوتا ہے تو سرا

شکل (۱۰۱)
آزاد پتّی

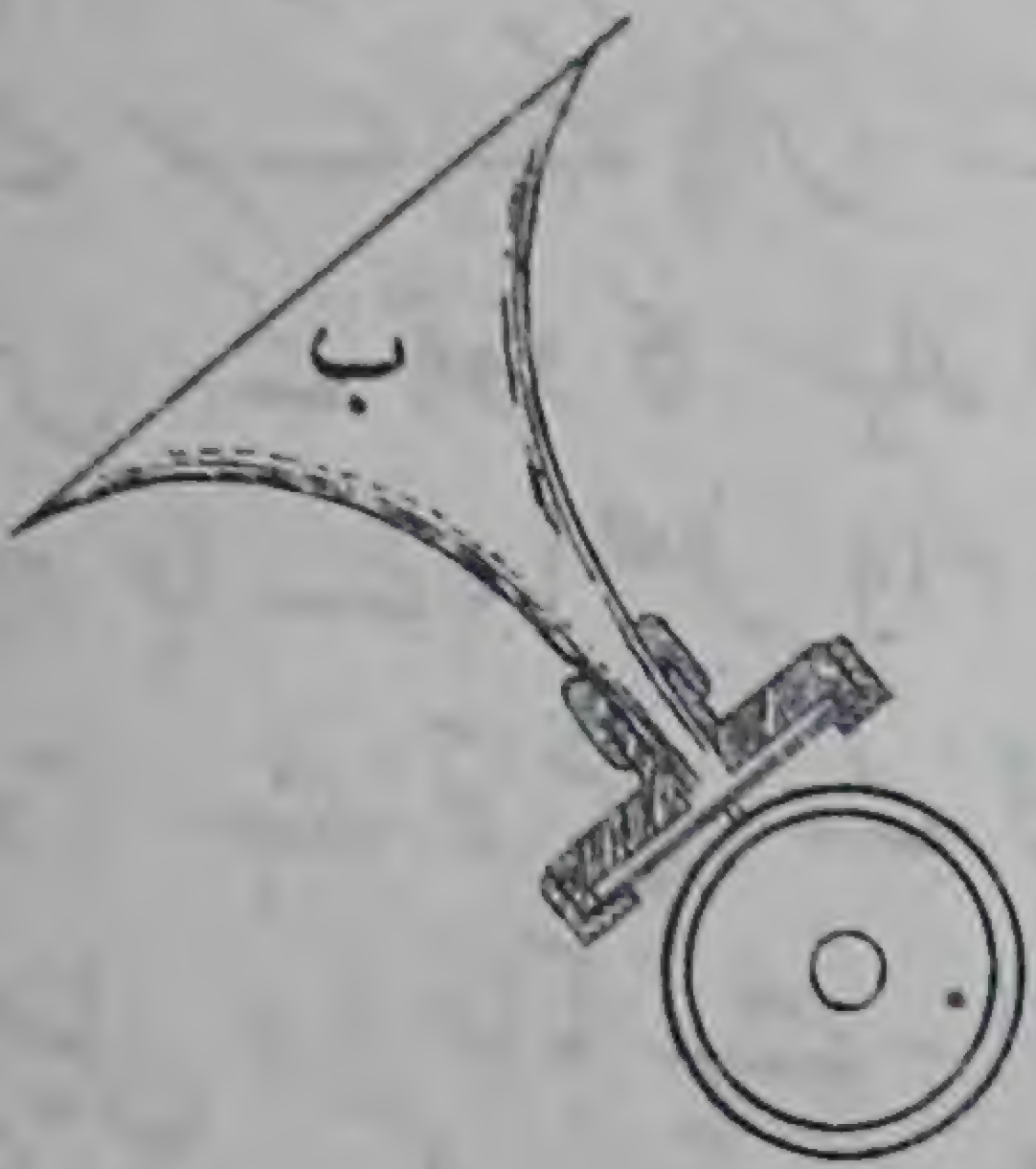
اندر کی طرف جھکا دیا جاتا ہے۔ کھلی اور بند دونوں نلیوں پر، جبکہ وہ فلو کی قسم کی ہوتی ہیں۔ اکثر نیچے والے سوراخ کے ہر دو جانب فلزّی حلقے ہوتے ہیں جن کو اندر کی طرف جھکا دینے سے سُر نیچا ہو جاتا ہے اور باہر کی طرف جھکانے سے، اونچا۔

پتّی کے ذریعہ ارتعاش کرنے والی نلی کا سُر ایک تار کے ذریعہ سے (شکل ۱۰۰) ٹھیک کیا جاتا ہے۔

تار کو زیادہ نیچے ڈھکیلنے سے پتّی کی حرکت میں رکاوٹ پیدا ہوتی ہے۔ گویا اُس کا عملی طول گھٹ جاتا ہے اور اس وجہ سے اُس کا تعدّد ارتعاش بڑھ جاتا ہے۔ آزاد پتّی اگر ہو تو تار

کو پٹّی کے گرد موڑ کر اس کے دونوں بازو گرفت کرانا چاہئے۔
(شکل (۱۰۱) والی پٹّی کو چھیل کر اُس کا سُر درست کیا جاتا
ہے۔جب سُر کو تیز (اونچا) کرنا مقصود ہوتا ہے تو پٹّی
کے سرے کے پاس سے فلز چھیل دیا جاتا ہے تا کہ
اُس کے جمود کا معیار اثر کم ہو اور اس لئے تعدّد
بڑھ جائے۔ (صفحہ ۲۱۹)۔اور جب سُر کو پست کرنا
ہوتا ہے تو پٹّی کے قاعدے کے پاس سے فلز
چھیل دیا جاتا ہے۔اِس سے اُس کے لچک کی
سختی میں کمی واقع ہوتی ہے اور تعدّد گھٹ جاتا ہے۔

فونوگراف۔ صفحہ ۱۵۵ پر بیان ہوا تھا کہ جب
کسی جسم پر ایک موسیقی قوّت عمل کرتی ہے تو وہ جسم،
بشرطیکہ اُس کے طبعی ارتعاش کا تعدّد عامل قوّت کے
تعدّد سے نسبتاً بڑا ہو، قسری ارتعاش کرتا ہے جو عامل
ارتعاش کی ایک سچی نقل ہوتی ہے۔جب کبھی ہوا
کے ارتعاش کو کسی حیلی سامان میں منتقل کرنا ہوتا ہے
اِس اصول سے کام لیا جاتا ہے۔ ہوا کی موجیں
ایک باریک مدّور جھلّی (یا دیا فرغمہ) سے جس کے
طبعی ارتعاش کا تعدّد بلند ہونا چاہئے، ٹکراتی ہیں۔ اور
اس سے جھلّی میں ارتعاش پیدا ہونے لگتا ہے جس کا
تعدّد ہوا کی موجوں کے تعدّد کے مساوی ہوتا ہے۔اِسی
اصول پر کان کی ٹمپینگ — جھلّی، ٹیلیفون اور فونوگراف

بھی عمل کرتے ہیں۔ فونوگراف میں دیا فرغمہ کی پُشت پر ایک کاٹنے والا آلہ لگا ہُوا ہوتا ہے، جو اُس کے نیچے پھرنے والے ایک مومی اسطوانے پر لکیر یا مسلسل نشان کرتا ہے۔ کبھی نشان زیادہ گہرا ہوتا ہے اور کبھی کم۔ نشان کی گہرائی دیا فرغمہ کی حرکت کے تابع ہوتی ہے۔ کاٹنے والے آلہ کے عوض دیا فرغمہ پر ایک گول نوک نصب کرکے اِس اسطوانے سے لگاکر اسطوانے کو پھراتے ہیں تو دیا فرغمہ اپنی پیشتر کی حرکت کرنے لگتا ہے۔ اِس سے گھنٹے کی شکل کے بوق (ب) کی ہوا میں (شکل ۱۰۲) اُسی طرح ارتعاش پیدا ہوتا ہے جیسا کہ پہلی آواز کی موجوں سے ہوا تھا۔ پس یہ آوازیں مکرر وقوع میں آتی ہیں۔ آیڈیزن کے ابتدائی فونوگراف میں بجائے موم کے کتھل کا ورق استعمال ہوا تھا۔ لیکن تھوڑے ہی دنوں بعد اس کو موم سے بدلدیا گیا۔

شکل (۱۰۲)
فونوگراف

فونوگراف کی ساخت کی تفصیل میں بہت کچھ ترقّی

ہوئی ہے لیکن اُس کے اُصول میں کوئی تبدیلی نہیں ہوئی۔ مثلاً پہلے اسطوانہ ہاتھ یا برقی موٹر سے پھرایا جاتا تھا لیکن اب وہ تقریباً ہمیشہ گھڑیال کے مشابہ آلہ کے ذریعہ چلایا جاتا ہے۔ معہذا کاٹنے والی نوک یا حرکت دوہرانے والی نوک کو آگے بڑھانے کا بھی علیٰحدہ انتظام کیا جاتا ہے، تاکہ موم میں جو لکیر بنتی ہے وہ لَولبی شکل کی ہو اور اسطوانہ کے ایک سرے سے شروع ہو کر دوسرے پر ختم ہو۔ جدید ترین وضع کے فونوگرافوں میں بجائے اسطوانے کے ایک قرص گھمایا جاتا ہے، اس لئے اسپر مرغولہ دار نشان پڑتا ہے جو مرکز کے قریب سے شروع ہو کر محیط پر ختم ہوتا ہے۔ گراما فون میں کاٹنے والی نوک سے موم پر ایک موجی لکیر پڑتی ہے۔ ایک گول فولادی نوک کو اِس لکیر پر سے چلانے سے آواز دوہرائی جاتی ہے۔

نویں باب کی مشقیں

(۱)۔ کان کے اہم حِصّوں کا مختصر حال لکھو، جن کے ذریعہ سے بیرونی آواز کی موجیں لابیرنتھ میں منتقل ہوتی ہیں۔

(۲)۔ یکساں رفتار سے جب کمان ایک تنے ہوئے تار پر آڑی کھینچی جاتی ہے، تو بتاؤ اس سے تار کا ارتعاش کس طرح قائم رہتا ہے۔ اگر کمان پر چربی مل دی جائے تو کیا تار ارتعاش کریگا؟ جواب کے ساتھ وجوہ بیان کرو۔

(۳)۔ ارگن نلی میں ہوا کا ارتعاش قائم رکھنے کے دو طریقے بیان کرو۔

(۴)۔ اس کی کیا وجہ ہے کہ فلو پائیپ (چمنی نما نلی) کا نیچے کا سرا ضد عقدہ ہوتا ہے اور ریڈ پائیپ (پتّی والی نلی یا نَے) کا نیچے کا سرا عقدہ۔

(۵)۔ مختصر بیان کرو (۱) ارگن نلیوں کے (ب) فلزی پتیوں کے سُر کس طرح ٹھیک کئے جاتے ہیں۔

(۶)۔ فونوگراف یا گراما فون میں آواز کی تجدید کیونکر ہوتی ہے بیان کرو۔

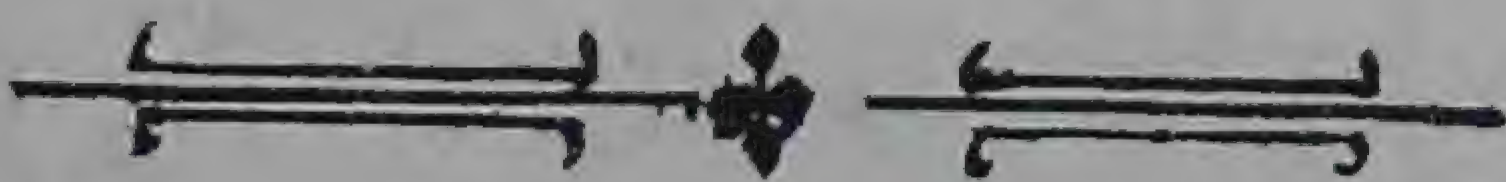
جوابات

پہلا باب

(صفحہ ۱۵)

(۴)۔ ۳۶۵٫۳

دوسرا باب

(صفحہ ۴۲)

(۶)۔ ۸۸۰ (۸) $\frac{۱۴}{۱۵}$ ۵۹۹ وزن بڑھانے سے پہلے۔ $\frac{۹}{۲۰}$ ۵۹۹ وزن بڑھانے کے بعد
(۹) ۲٫۷۵×۱۰^۵ ارگ

تیسرا باب

(صفحہ ۹۱)

(۲) ۴۴۰ (۴) ۲۳۸٫۱، ۱۴۲٫۸ سم۔ (۷) ۱۸۳۲۰، ۳۶٫۶۷، ۸٫۹۷

چوتھا باب

(صفحہ ۱۳۳)

(۲) ۴۴۹۵ فٹ اور ۳٫۷۵ فٹ فی ثانیہ (۴) (۲) نہیں، (ب) ہاں

(۵) ۲۲۴۰ فٹ (۶) ع۱ : ع۲ = (س + ر) : (س - ر) (۸) ۹۸ء۹

(۹) ۵۱۷ فٹ (۱۰) ۵۰ میل فی ساعت

پانچواں باب (صفحہ ۱۶۸)

(۷) (۱) ۲، (۲) ۴ - (۱۰) ۱۰۳۶

(۱۱) ۲۵۶ پہلی تفریقی - ۱۲۸۰ پہلی جمعی - ۱۵۳۶ اور ۱۰۲۴ خود اجتماعی

(۱۳) ۲۶۰ (۱۴) ۵۱۷

ساتواں باب (صفحہ ۲۲۹)

(۴) ۲۳ء۲۶ (۵) ۲ : ۳ (۶) ۱ : ۲ تا ۳

(۷) تناؤ ۲۵ : ۴ - طول ۲ : ۵ (۸) ۳ء۵۲ فی ثانیہ (۹) ۸ء۳۰۸ گرام

(۱۰) ۴۲ء۲ (۱۳) ۱ : ۹ (۱۴) ۵ کیلوگرام وزن (۱۶) ۴۹ء۵

آٹھواں باب (صفحہ ۲۶۷)

(۱) ۴ء۴۶ سم اور ۳۲۹ء۸ میٹر فی ثانیہ (۲) ۲ : ۱ (۳) ۳ء۹۵ مئی

(۵) ۴ء۹۱ مئی کھلی نلی - (۶) ۱۸۶ء۷، ۳۷۳ء۳، ۵۶۰، ۷ء۴۶ کھلی نلی - ۹۳ء۳، ۲۸۰، ۴۶۶ء۷، ۶۵۳ء۳ بند نلی -

(۷) ۱ء۰۰۹ (۱۰) کھلی (۱۱) ۱۰۵ء۵ فٹ فی ثانیہ

(۱۳) ۱۰۵ء۵ (۱۶) کشادہ نلی کا طول ۲ سم گھٹا دیا جائے - (۱۸) ۵ : ۸

تمت

فہرست اصطلاحات وغیرہ

جو طبیعیات برائے بی۔ اے (آواز) میں استعمال ہوئیں۔

A

مطلق	Absolute
صوتی	Acoustical
حرنا گزار	Adiabatic
حیطۂ ارتعاش	Amplitude
اناٹومی	Anatomy
ضدِّ عقدہ	Antinode
سنداں ۔ نہائی	Anvil
قوس	Arc
محافظ (مقناطیس کا)	Armature
سماعت	Auditjon

B

بارپیمائی	Barometric
مورچہ	Battery

Beat	ضرب
Beating reed	دیہڑ کنے والی پتّی
Bell	گھنٹا
Bernoulli	برنولی
Bow	کمان
Boyle	بائیل
Bridge	گھوڑی

C

Canal	نالا
Cheshire	چیشائیر
Chladni	کلیڈنی
Chronograph	وقت نگار
Cleffs	کلیف
Clamped	جکڑا دیا گیا۔کسکر باندھا ہوا۔
Closed (pipe)	ایک طرف سے بند (نلی)
Cochlea	گوکلیہ۔
Co-efficient	قدر
Colladon	کویاڈون
Column	قطار

Combination tones	اجتماعی سُرتیاں
Commutator	توڑ جوڑ - منقلب
Compounding (of vibrations)	ارتعاشوں کی ترکیب
Compression	بھچکاؤ - تکثیف
Concord (or consonance)	کونکورڈ - ہمواری
Conical	مخروطی
Correction	تصحیح
Cross-section	عمودی تراش
Crova	کرووا
Curve	منحنی
Cylinder	اسطوانہ

D

Density	کثافت
Diaphragm	دیافرغمہ - جھلّی
Diatonic	ڈائیا ٹونک
Difference tone	تفریقی سُرتی
Discord	ڈسکورڈ - ناہمواری
Disc siren	قرصدار گائن
Displacement	انتقالِ مکان

Dissonance	ناہمواری
Disturbance	خلل
Doppler	ڈوپلر
Dropping plate	گرنے والی تختی
Drum	پردہ - طبل
Dust	غبار

E

ϵ	نیپیر والے لوکارتم کا اساس
Echelone (wave)	نردبانی (موجیں)
Echo	گونج
Edison	ایڈیزن
Elasticity	لچک
Electro-magnet	برقی مقناطیس
Electro-motor	برقی موٹر
Ellipse	قطع ناقص
End	سرا
Energy	توانائی
Equation	مساوات
Eustachian(tube)	یوسٹیشین (نلی)
Expansion	پھیلاؤ

Expression	جملہ
Explosion	دھماکا
External (ear)	بیرونی (کان)

F

Fenestra ovalis	بیضاوی دریچہ
Fenestra rotunda	دائری "
Fifth	پنجم (بُعد)
Fixed	قائم۔غیر متحرک
Flat	پست
Flexible	ملائم۔
Flue pipe	فلو پائیپ۔چمنی نما نلی
Flute	بانسلی۔
Force	قوّت
Forced vibration	قسری ارتعاش
Fork	سُر پیدا کرنے کا دوشاخہ
Formula	ضابطہ
Free-reed	آزاد
Free-vibration	آزاد ارتعاش
Frequency	تعدّدِ ارتعاش

Friction	رگڑ۔ فرک
Fundamental	اساسی
Fourth	چہارم (بعد)

G

Galton	گالٹن
Geneva	جینوا
Gramaphone	گراما فون
Graph	ترسیم
Gravitational	جاذبہ ارض سے متعلق
Group (of waves)	(موجوں کا) مجموعہ

H

Harmonic	موسیقی
Harmonium	ہارمونیم
Helix	مرغولہ
Helmholtz	ہلم ہولٹس
High note	اونچا سُر
Hygrometric	رطوبت پیمائی

I

Image	خیال
Impulse	دھکا
Incus	سندان ۔ نہائی ۔
Intensity	حدّت
Interference	تداخل ۔ تناقص
Internal ear	اندرونی کان
Interval (musical)	(موسیقی) بُعد
Isothermal	ہم تپشی

J

Jar (bell)	مرتبان ۔ اسطوانی
Jet	فوارہ ۔ نوکدار نلی

K

Key-board	کنجیوں کا تختہ
Key-note	کھرج
Kinetic	حرکی
Kipp	کپ

Kundt	کُنٹ

L

Labyrinth	لابیرنتھ
Laplace	لاپلاس
Law	کلیّہ
Lens	عدسہ
Lissajous	لسیجو
Longitudinal	طولی
Loudness	بلندی
Low note	پست سُر
Lymph	لمف ۔ پنچھ

M

Major sixth	میجر سکستھ ۔ ششم کبیر (بُعد)
Major third	" تھرڈ ۔ سوم " "
Major tone	" ٹون ۔
Malleus	ہتوڑی ۔ مطرقہ
Manometric	فشار پیمائی

Martini	مارٹینی
Maximum	اعظم
Meatus (auditory)	میٹس ۔ رہگذر (سماعت)
Melde	میلڈے
Membrane	جھلّی ۔ غشا
Minimum	اقل
Minor sixth	مائنر سکستھ ۔ ششم صغیر (بُعد)
Minor third	سوم صغیر (بُعد)
Minor tone	مائنر ٹون ۔
Modulus	معیار
Moment of inertia	جمود کا معیار اثر
Monochord	اِکتارا
Musical note	موسیقی سُر

N

Nerve	عصب
Node	عقدہ
Normal	طبعی
Note	سُر

O

Oak	بلوط
Octave	اوکٹیو۔ سرگم
Open(pipe)	دونوں طرف سے کھلی (نلی)
Organ pipe	ارگن نلی
Oscillation	اہتزاز
Over tone	اوور ٹون۔ مضاعف سُرتی

P

Parabola	قطع مکافی
Particle	ذرّہ
Period	وقتِ دوران
Personal equation	شخصی مساوات
Phase	ہیئت
Philharmonic Society	فلہارمونک سوسائٹی
Phonograph	فونوگراف
Pianoforte	پیانو
Pipe	نلی
Pitch	امتداد
Plate	تختی

Potential	قوّہ
Pressure	دباؤ
Primary	ابتدائی
Progressive wave	رواں موج
Prong	شاخ

Q

Quality	کیفیّت

R

Radiation	اشعاع
Rarefaction	تلطیف
Ratio	نسبت
Rayleigh	ریلے
Reed	ریڈ۔ نے کی پتّی
Reflection	انعکاس
Refraction	انعطاف
Resonance	گمک
Resonator	گمکیا

Revolving	تحویلی - گردشی -
Rigid	استوار
Rod	سلاخ
Rosin	رال

S

Scale	سبتک
Screen	پردہ
Section	تراش
Self-Combination	خود اجتماعی - اجتماعی بالذات
Semi tone	سیمی ٹون - نیم سُرتی -
Sensitive	حسّاس
Seventh	ہفتم (البُعد)
Sharp	تیز
S. H. M.	سادہ موسیقی حرکت (س-م-ح)
Siren	گائن
Sonometer	صوت پیما
Sound	آواز
Speaking tube	بول نلی
Spiral	مرغولہ - لولبی

Spring	کمانی۔
Standard	سٹینڈرڈ۔معیاری۔
Stapes	رکابہ۔
Stationary wave	مقیم موج۔
Stirrup	رکاب۔
Stops	سٹاپ۔
Strain	فساد۔ بگاڑ۔
Stress	زور۔
String	تار۔ ڈوری۔
Stroboscopic	سٹروبوسکوپک۔گردش نمائی۔
Sturm	سٹورم۔
Style	قلم۔
Summation tone	جمعی سُرتی۔
Surfaee tension	سطحی تناؤ

T

Temperament	مزاج۔
Temperature	تپش۔
Timbre	کیفیّت۔
Tone	سُرتی۔

Tonic (or Key-note)	کھرج ۔
Transmission	اشاعت ۔
Transverse	عرضی ۔
Trombone	ٹرومبون ۔ ترہی ۔
Tubes of flow	بہاؤ کی نلیاں ۔
Tympanum	طبل

U

Unison	ہم سُر ہونا

V

Velocity	رفتار
Vertical	انتصابی
Vibration	ارتعاش
Viola	وایولہ
Violin	سارنگی
Violoncello	وایولونچیلو
Vox angelica	ووکس انجیلیکہ
Vox humana	ووکس ہومانہ

W

Wave	موج ۔
Wave length	طولِ موج ۔
Wind	چلتی ہوا۔
Worm wheel	پیچ چکر۔

Z

Zig-zag line	مخالف سمتوں میں مڑا ہوا خط ۔

اغلاط نامہ

صفحہ	سطر	بجائے	پڑھا جائے
۲	۷	وہاگے	دہاگے
"	۱۲	ایک - اسطوانہ	ایک اسطوانہ
۳	۱۰	متحرکِ	متحرک
۵	۷	س ب	س ب
"	۱۱	معینین	معیّن
"	۱۲	اس اُن	اُس آن
۸	۵	دو	دو
۹	۲	الومنیم	الومنیم
۱۸	۲	تجریکوں	تحریکوں
"	آخری	قرصدار - گائن	قرصدار گائن
۱۹	۱۵	اکر	آکر
۲۲	۷	جھوٹے	جھونکے
"	۱۲	تعداد ارتعاش	تعددِ ارتعاش
۲۳	۱۸	توانانی	توانائی
۲۴	۳	أواز	آواز

صفحہ	سطر	بجائے	پڑھا جائے
۲۵	۱۱	س ب	س ب
۳۲	۱۳	س۲ ۲،۱	س۲ ۲،۲
۳۳	(شکل کے نیچے کی عبارت)	ارتعاشیں	ارتعاش
〃	۱۷	دائیرے	دائرے
۳۴	۳	توضع	توضیح
۳۵	۱۶	۳ : ۲	۳ : ۱
۳۶	۱	ان۱	ن۱
〃	۱۰	طول	طویل
۳۷	۱۳	ع	غ
۴۳	شکل کے بازو	۳/۲	۳/۱
〃	۹		
۴۸	۳	جائگی	جائیگی
۴۹	۱۹	عرض	عرضی
۵۱	۴	حضض	حضیض
۵۲	۱۱	ہے ۔ واسطہ	ہے واسطہ
۵۶	۱۳	جائیگی	جائیگی
۵۹	۱۶	میں بتایا گیا	بتایا گیا
۶۰	۵	کی	کے
〃	۱۶	سکینگی	سکیگی
۶۱	۵ اور ۶	کردوا	کروا

صفحہ	سطر	بجائے	پڑھا جائے
۶۲	۱۳	کے لمبائی کے	کی لمبائی کے
۶۳	۹	بشکل	فشکل
۶۶	۷	مستوی جس میں	مستوی سطح جس میں
"	۹	مستوی اسی	مستوی سطح اسی
۷۳	۴	رع	ر۲
۷۸	آخری	سیطحی	سطحی
۸۲	۱۲	جائیگی	جائیگی
۸۳	۴	لہ	لہَ
"	۱۶	$- \frac{1}{لہ}$	$- \frac{1}{لہَ}$
۸۴	۳	$\frac{لہ}{لہَ}$	$\frac{دَ}{لہَ}$
۸۵	۱۵	ناوں - کی	ناوں کی
۹۰	۱۰	قائم	مقیم
۹۱	۸	طول	طولی
۱۰۰	۱۳	خجمی	مجمی
"	۱۴	کَ و	کَ دَ
۱۰۱	۵	م ($\frac{حَ کَ}{کَ دَ}$	م ($\frac{حَ کَ}{کَ دَ}$)
۱۰۴	۵	ہ ا ح ۲	ہ ا ح ا
۱۰۵	۴	ہوا داخل	حرارت داخل

صفحہ	سطر	بجائے	پڑھا جائے
۱۰۵	۴	ہوا باہر	حرارت باہر
۱۰۷	۱	ہوتی ہے -	ہوتی -
۱۱۱	۷	کے حجمی	کی حجمی
"	۱۸	کی	کے
"	۲۱	جیسمیں	چیزیں
۱۱۲	۱۴	سوڈے کا شیشہ	سوڈے کا بنا ہوا شیشہ
۱۱۷	۹	شکلوں کے نیچے کی عبارتیں	باہمدیگر تبدیل کردی جائیں
"	۱۱	(۳۵)	(۳۴)
۱۱۹	۱۶	وقت	دقت
"	۲۰	تھالی	تالی
۱۲۲	۹	چلفے	چلنے
۱۲۸	۵	سکون ہوتا	سکون میں ہوتا
۱۳۳	۶	ہوا کی رفتار آواز میں	آواز کی رفتار ہوا میں
۱۴۲	۱۹	دوہرانے	دوہرا کرنے
۱۴۳	۲	دوشانہ	دوشاخہ
"	۱۲	راستہ	راستے
"	آخری	ہتیں	ہٹتیں
۱۴۷	۵	باٹیں	باٹ
۱۴۹	۱۱	(ہیا)	(ہب)

صفحہ	سطر	بجائے	پڑھا جائے
۱۵۵	۷	علی العموم	علی العموم
۱۵۶	آخری	عاملِ قوت	عامل قوت
۱۵۷	۷	OO	∞
۱۵۸	۶	حیطۂ	حیطہ
۱۶۸	۶	(ا-ب)	(۲-ب)
۱۶۹	۹	ہے	ہے؟
"	۱۱	۰	؟
۱۷۰	۲	تحلتے	نکلتے
۱۷۸	آخری	سرتیاں حسب ذیل	سرتیاں، حسبِ ذیل
۱۸۰	۱۵	اباعد	ابعاد
۱۸۱	۱۰	پیمانہ	سبتک
۱۸۲	۲	"	"
"	۱۳	"	"
۱۸۳	شکل کے نیچے	تعادل	امتزاج
۱۸۶	۵	کی تعدّدوں	کی، تعدّدوں
"	۸	پیمانہ	سبتک
۲۰۰	۱۷	آئینگی	آئینگی
۲۱۶	۱	ماک	مات
۲۱۸	۱۰	قریب	وقت

صفحہ	سطر	بجائے	پڑھا جائے
۲۲۱	آخری	گردش نمائی	(گردش نمائی)
۲۲۲	شکل کے نیچے	تعسین	تعیین
۲۲۹	۴	نسبتیں	نسبتیں
۲۳۸	۱	(۷۲۸)	(۱۹۳)
۲۴۰	۱۱	+ ۲ جب ۲ح π (ت/د - لا/ر)	+ ۲ جب ۲ح π (ت/د + لا/ر)
۲۴۴	شکل (۸۴)		شکلوں کے نیچے سلسلہ وار سیدھے جانب سے لکھا جائے: (ج)، (ب)، (۲)
〃	۹	وضع (۱)	وضع (۲)
۲۵۰	شکل (۸۷)		شکلوں کے نیچے سلسلہ وار سیدھے جانب سے لکھا جائے: (ج)، (ب)، (۲)
۲۵۲	۱۴	ریتی	ریت
〃	۱۵	〃	〃
〃	۱۶	〃	〃
〃	۱۷	〃	〃
۲۶۴	۴	قرس	قرص
۲۶۸	۱۴	ہوجائے۔	ہوجائے؟
۲۷۰	۹	ہوگی۔	ہوگی؟
۲۷۶	۱۳	اُن	اُس
۲۷۸	۱۱	دھ	دھ
〃	۱۵	سادی	سادہ
۲۹۰	۶	ہیں۔ اکثر	ہیں اکثر